



**M** 2018

# **CONTROLO DA QUALIDADE EM PAVIMENTOS INDUSTRIAIS**

**UTILIDADE DAS NOVAS TECNOLOGIAS**

**ANTÓNIO MANUEL MENDES SEBASTIÃO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO APRESENTADA

À FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO EM  
ÁREA CIENTÍFICA

# **CONTROLO DA QUALIDADE EM PAVIMENTOS INDUSTRIAIS**

## **UTILIDADE DAS NOVAS TECNOLOGIAS**

**ANTÓNIO MANUEL MENDES SEBASTIÃO**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES**

---

Orientador: Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues

---

Coorientadora: Engenheira Cândida Maria Fernandes Cordeiro Ribeiro

Coorientador: Engenheiro Rui Micael Silva Bessa

JUNHO DE 2018

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2017/2018**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil –2017/2018 – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2018.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo autor.

Aos meus Pais

*“O grande segredo de uma vida bem-sucedida é cada um  
descobrir o que está destinado a fazer e depois fazê-lo.”  
Henry Ford*





## **AGRADECIMENTOS**

Concluída esta etapa tão importante do meu percurso académico, não posso deixar de agradecer a todos aqueles que, direta ou indiretamente, me incentivaram e ajudaram a alcançar os meus objetivos.

Aos meus Pais exprimo a minha gratidão pela oportunidade que me deram de investir na minha formação pessoal ao longo destes anos de faculdade.

À Cândida, agradeço o apoio e a força que me transmite diariamente.

Ao Professor Doutor Rui Manuel Gonçalves Calejo Rodrigues devo o apoio, o tempo, a orientação e a disponibilidade prestados ao longo da preparação desta dissertação.

Ao Engenheiro Rui Bessa, criador do software SICCO e coorientador desta tese de mestrado, agradeço, profundamente reconhecido, o apoio crucial que obtive em todas as fases da respetiva preparação e realização, nomeadamente a oportunidade de discutir ideias, os valiosos esclarecimentos e sugestões, o seu saber e a sua disponibilidade.

À Pavieste – Execução Técnica de Pavimentos, S.A. agradeço a oportunidade que me deu de participar ativamente no desenrolar dos trabalhos da empresa.

E a todos os que, embora aqui não identificados, de uma forma ou de outra contribuíram para a concretização deste trabalho, o meu muito obrigado.



## **RESUMO**

A necessidade sentida pelas empresas de construção civil de continuamente aumentar a eficiência ao nível da execução aconselha o investimento na área do controlo da qualidade.

O objetivo desta dissertação é testar as potencialidades de novas tecnologias da informação no controlo da qualidade na execução de pavimentos industriais com o objetivo de otimizar tempo/custos. Para tanto, procedeu-se à aplicação de uma rotina informática a vários casos de estudo da empresa que acolheu o autor, no período em que decorreu a realização deste trabalho.

Foi introduzida informação no software com o objetivo de criar fichas de controlo da conformidade e fichas de inspeção a serem testadas em obra.

Os resultados obtidos a partir da informação gerada com a ajuda deste software evidenciam a sua capacidade de simplificar, organizar e armazenar informação e o papel importante que pode desempenhar na indústria da construção, em particular para a equipa responsável pelo controlo da qualidade/conformidade em obra.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controlo da conformidade, software, SICCO, qualidade, melhoria contínua.



## **ABSTRACT**

The urge to continuously increase their efficiency level of execution leads construction companies to make a strong investment in the area of quality control.

The objective of this dissertation was to assess the potential of new information technologies in the control of quality in the execution of industrial pavements in order to optimize the time-cost ratio. To this effect, the computer routine was applied to several study cases in the company that hosted the author during the period this work was being developed.

Information was entered into the software with the aim of creating compliance sheets and inspection data sheets to be tested on site.

The results obtained from the information generated with the help of this software show its ability to simplify, organize and store information and the important role it can play in the construction industry, in particular for the team responsible for quality control/compliance control.

**KEYWORDS:** Compliance control, software, SICCO, quality, continuous improvement.



## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMO .....</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>V</b>
 <b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	 <b>1</b>
1.1. ENQUADRAMENTO .....	1
1.2. PROBLEMÁTICA .....	2
1.3. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO .....	2
1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....	2
 <b>2. SÍNTESE DO CONHECIMENTO .....</b>	 <b>5</b>
<b>2.1. ENQUADRAMENTO GERAL .....</b>	<b>5</b>
2.1.1. CONTROLO DA QUALIDADE .....	5
2.1.2. BENEFÍCIOS DO CONTROLO DA QUALIDADE .....	5
2.1.3. SISTEMA DA QUALIDADE .....	5
2.1.4. GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL (TQM) .....	6
2.1.5. CÍRCULO DE CONTROLO DA QUALIDADE (CCQ) .....	6
2.1.5. ISO 9001 .....	7
<b>2.2. FISCALIZAÇÃO .....</b>	<b>8</b>
2.2.1. FISCALIZAÇÃO DE OBRA .....	8
2.2.2. DIRETOR DE FISCALIZAÇÃO .....	8
2.2.3. FICHAS DE CONTROLO DA CONFORMIDADE (FCC) .....	9
2.2.4. POLÍTICA DA CONFORMIDADE .....	12
<b>2.3. TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC) .....</b>	<b>12</b>
<b>2.4. BIBLIOMETRIA ESPECÍFICA .....</b>	<b>12</b>
<b>2.5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
2.5.1. REVISTAS CIENTÍFICAS .....	13
2.5.2.1. SUITABILITY OF INTELLIGENT COMPACTION FOR PAVEMENT QUALITY CONTROL AND QUALITY ASSURANCE .....	13
2.5.2.2. REVISITING QUALITY FAILURE COSTS IN CONSTRUCTION .....	13
2.5.2.3. DYNAMIC QUALITY CONTROL OF PROCESS RESOURCE TO IMPROVE CONCRETE SUPPLY CHAIN .....	14



<b>3. ENQUADRAMENTO NORMATIVO</b>	<b>15</b>
<b>3.1. OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
<b>3.2. NORMALIZAÇÃO EUROPEIA E NACIONAL</b>	<b>15</b>
3.2.1. NP EN 1990:2009. EUROCÓDIGO – BASE PARA O PROJETO DE ESTRUTURAS	15
3.2.2. NP EN 1991-1-1:2009 PARTE 1-1. EUROCÓDIGO 1 – AÇÕES GERAIS	16
3.2.3. NP EN 1992-1-1. EUROCÓDIGO 2 – PROJETO DE ESTRUTURAS DE BETÃO	17
3.2.4. NP EM 206:2013 + A1. BETÃO	17
3.2.5. NP EN 10080:2005	17
3.2.6. NP EN 14889:2008. FIBRAS PARA BETÃO	18
3.2.7. NP EN 1845-1:2008. MÉTODO DE ENSAIO DE FIBRAS NO BETÃO. PARTE 1 – BETÕES DE REFERÊNCIA	18
3.2.8. NP EN 14845-2:2008. MÉTODO DE ENSAIO DE FIBRAS NO BETÃO. PARTE 2 – INFLUÊNCIA SOBRE A RESISTÊNCIA	19
3.2.9. NP EN 14488-5:2008. ENSAIO DE BETÃO. PARTE 5 – DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ENERGIA DE PROVETES DE LAJES REFORÇADAS COM FIBRAS	19
3.2.10. NP EN 14488-7:2008. ENSAIO DE BETÃO. PARTE 7 – DOSAGEM DE FIBRAS NO REFORÇADO COM FIBRAS	19
3.2.11. NP EN 13670:2011. EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE BETÃO	19
3.2.12. NP EN 13877:2009. PAVIMENTO DE BETÃO	20
<b>3.3. NORMALIZAÇÃO INTERNACIONAL</b>	<b>20</b>
3.3.1. NORMAS BRITÂNICAS	20
3.3.1.1. BS 6399-1:1996. LOADING FOR BUILDINGS – PART 1	20
3.3.1.2. BS EN 13318:2000 E BS EN 13813:2002. SCREED MATERIAL AND FLOOR SCREEDS	20
3.3.1.3. BS 8204:2003. SCREED, BASES AND IN-SITU FLOORINGS	21
3.3.1.4. BS EN 13892:2002. METHODS OF TEST FOR SCREED MATERIALS	21
<b>3.4. NORMA FRANCESA</b>	<b>21</b>
3.4.1. NP P 11-213 DTU 13.3	21
<b>3.5. DOCUMENTOS TÉCNICOS INTERNACIONAIS</b>	<b>21</b>
3.5.1. TR 34. CONCRETE INDUSTRIAL GROUND FLOORS	21
<b>3.6. NOTAS FINAIS</b>	<b>22</b>
 <b>4. TECNOLOGIA ADOTADA</b>	 <b>23</b>
<b>4.1. Sicco</b>	<b>23</b>
4.1.1. INTRODUÇÃO AO SOFTWARE	23

4.1.2. PÁGINA INICIAL DO SOFTWARE .....	24
4.1.3. NOVO PROJETO .....	24
4.1.4. MENU INICIAL DO PROJETO .....	25
4.1.5. REGISTO DIÁRIO DE OBRA (RDO) .....	29
4.1.6. ARQUIVO .....	31
<b>4.2. FCC EM DETALHE .....</b>	<b>32</b>
 <b>5. CASOS DE ESTUDO E TECNOLOGIA CONSTRUTIVOS .....</b>	 <b>35</b>
<b>5.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....</b>	<b>35</b>
5.1.1. SERVIÇOS DA EMPRESA .....	35
<b>5.2. CASOS DE ESTUDO .....</b>	<b>35</b>
<b>5.3. TECNOLOGIA CONSTRUTIVA .....</b>	<b>37</b>
5.3.1. CONSTITUIÇÃO DOS PAVIMENTOS TÉRREOS INDUSTRIAIS CORRENTES .....	37
5.3.1.1. SUBLEITO DE FUNDAÇÃO .....	38
5.3.1.2. SUB-BASE E BASE .....	38
5.3.1.3. BARREIRA PARA-VAPOR .....	38
5.3.1.4. LAJE DE BETÃO .....	39
5.3.1.5. SUPERFÍCIE DE PROTEÇÃO E DESGASTE .....	40
<b>5.4. TIPOS DE PAVIMENTOS TÉRREOS INDUSTRIAIS .....</b>	<b>40</b>
5.4.1. CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM ANAPRE .....	40
5.4.2. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO REFORÇO ESTRUTURAL .....	41
5.4.2.1. LAJE DE BETÃO SIMPLES .....	41
5.4.2.2. LAJE DE BETÃO ARMADO COM ARMADURA CONVENCIONAL OU MALHA ELETROSSOLDADA .....	41
5.4.2.3. LAJE DE BETÃO COM FIBRAS .....	42
5.4.2.4. TIPOS DE JUNTAS .....	43
5.4.2.4.1. JUNTAS DE CONSTRUÇÃO .....	43
5.4.2.4.2. JUNTAS SERRADAS .....	44
5.4.2.4.3. JUNTAS DE DESSOLIDARIZAÇÃO .....	44
5.4.2.4.4. JUNTAS DE DILATAÇÃO .....	45
<b>5.5. REVESTIMENTOS .....</b>	<b>46</b>
<b>5.6. PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS TÉRREOS INDUSTRIAIS .....</b>	<b>46</b>

<b>6. METODOLOGIA PROPOSTA DE CONTROLO DA CONFORMIDADE RECORRENDO AO SISTEMA INFORMÁTICO SICCO</b>	49
<b>6.1. OBJETIVOS</b>	49
<b>6.2. ELABORAÇÃO DE FICHAS DE CONTROLO DA CONFORMIDADE</b>	49
6.2.1. FICHAS DE CONTROLO DE PREPARAÇÃO DE PAVIMENTO	50
6.2.2. FICHAS DE CONTROLO DE FABRICO DOS COMPONENTES VW	51
6.2.3. FICHAS DE CONTROLO DE RECEÇÃO DE BETÃO	51
6.2.4. FICHAS DE CONTROLO DE EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS EM BETÃO	52
6.2.5. FICHAS DE CONTROLO DE APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS	52
6.2.6. FICHAS DE CONTROLO DE REPARAÇÃO DE PAVIMENTOS	53
<b>6.3. AÇÕES PREPARATÓRIAS</b>	54
<b>6.4. MODELO DE CONTROLO DA QUALIDADE PROPOSTO</b>	56
6.4.1. ROTINAS DE INSPEÇÃO	56
6.4.2. CONTROLO DA CONFORMIDADE ATRAVÉS DO PREENCHIMENTO DAS FCC	56
<b>6.5. REGISTO E TRATAMENTO DAS NÃO-CONFORMIDADES</b>	58
6.5.1. NÃO-CONFORMIDADES	58
6.5.2. CLASSIFICAÇÃO DAS NÃO-CONFORMIDADES	59
6.5.3. ANÁLISE DE NÃO-CONFORMIDADES	59
6.5.3.1. RAZÃO ÁGUA/CIMENTO ALTERADA	59
6.5.3.2. ISOLAMENTO INCORRETO DA ZONA DE TRABALHO	61
6.5.3.3. FERROS E CAIXAS POR ELIMINAR	63
6.5.3.4. ARMADURA INCORRETAMENTE COLOCADA NA ZONA DOS PILARES	64
6.5.3.5. IMPERFEITA LIMPEZA DO SUPORTE	65
6.5.3.6. NÃO EXECUÇÃO DA TAREFA “ESCALHEAR” A ZONA DO ELEMENTO VERTICAL	66
6.5.3.7. ERRO NA DOSAGEM NO FABRICO DO BARRAMENTO	68
6.5.4. PARECER SOBRE OS RESULTADOS E A APLICAÇÃO DO SOFTWARE	70
6.5.5. TESE DE DESENVOLVIMENTO SOBRE O TEMA	71
6.6. ANÁLISE SWOT DO SICCO	72
<b>7. CONCLUSÕES</b>	73
7.1. CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS	73
7.2. DIFICULDADES SENTIDAS	74
7.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS	74

<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>77</b>
---	-----------

<b>ANEXOS .....</b>	<b>81</b>
---------------------	-----------



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.2.1 – Sistema de gestão de qualidade .....	6
Fig.2.2 – Ciclo PDCA .....	7
Fig.2.3 – Responsabilidade do diretor de fiscalização.....	9
Fig.2.4 – Estrutura de uma FCC .....	9
Fig.2.5 – Plano de conformidade .....	10
Fig.2.6 – Tratamento de uma não-conformidade .....	11
Fig.2.7 – Pirâmide de esforço.....	12
Fig.2.8 – Número de artigos científicos consultados .....	13
Fig.3.1 – Estrutura global da normalização de pavimentos industriais.....	15
Fig.4.1 – Acesso à plataforma .....	23
Fig.4.2 – Fluxograma da página inicial do software .....	24
Fig.4.3 – Janela “novo projeto” .....	24
Fig.4.4 – Menu inicial do projeto .....	25
Fig.4.5 – Fluxograma do menu do projeto.....	25
Fig.4.6 – Menu “novo” .....	26
Fig.4.7 – Ordem de serviço .....	26
Fig.4.8 – Pedido de informação .....	27
Fig.4.9 – Ordem de serviço .....	27
Fig.4.10 – Banco de FCC .....	28
Fig.4.11 – Feed.....	29
Fig.4.12 – Calendário “RDO” .....	29
Fig.4.13 – Meteorologia.....	30
Fig.4.14 – Mão-de-obra .....	30
Fig.4.15 – Equipamentos.....	30
Fig.4.16 – Ocorrências .....	31
Fig.4.17 – Observação e documentos .....	31
Fig.4.18 – Arquivo .....	31
Fig.4.19 – FCC em detalhe.....	32
Fig.5.1 – Localização geográfica dos casos de estudo .....	36
Fig.5.2 – Corte ilustrativo de um pavimento térreo .....	38
Fig.5.3 – Camada geotêxtil (barreira para-vapor).....	39

Fig.5.4 – Pormenor construtivo da camada geotêxtil.....	39
Fig.5.5 – Laje de betão em construção.....	40
Fig.5.6 – Pavimento de betão simples com barra de transferência.....	41
Fig.5.7 – Pavimento de betão com armadura distribuída contínua .....	42
Fig.5.8 – Pavimento de betão estrutural armado.....	42
Fig.5.9 – Pavimento de betão reforçado com fibras .....	43
Fig.5.10 – Junta de construção .....	43
Fig.5.11 – Junta serrada .....	44
Fig.5.12 – Esquema de junta serrada .....	44
Fig.5.13 – Junta de dessolidarização .....	45
Fig.5.14 – Esquema de junta de dessolidarização .....	45
Fig.5.15 – Esquema de junta de dilatação.....	46
Fig.6.1 – Exemplo de uma FCC de reparação .....	50
Fig.6.2 – FCC de preparação .....	51
Fig.6.3 – FCC de fabrico .....	51
Fig.6.4 – FCC de receção .....	51
Fig.6.5 – FCC de execução de pavimentos em betão.....	52
Fig.6.6 – FCC de aplicação de revestimentos.....	53
Fig.6.7 – FCC de reparação de pavimentos .....	54
Fig.6.8 – Entidades .....	55
Fig.6.9 – Categorias de tarefas .....	55
Fig.6.10 – Vista do banco de fichas.....	55
Fig.6.11 – Processo de controlo da qualidade .....	57
Fig.6.12 – Registo fotográfico da tarefa .....	57
Fig.6.13 – Percentagem de Conformidades/Não-Conformidades.....	58
Fig.6.14 – Resistência à compressão vs água cimento.....	59
Fig.6.15 – SICCO vs ausência de controlo.....	60
Fig.6.16 – Guia de remessa .....	60
Fig.6.17 – SICCO vs ausência de controlo.....	61
Fig.6.18 – Não-conformidade .....	62
Fig.6.19 – Resolução da não-conformidade .....	62
Fig.6.20 – SICCO vs ausência de controlo.....	63
Fig.6.21 – Não-conformidade: caixa por eliminar .....	64

Fig.6.22 – SICCO vs ausência de controlo.....	64
Fig.6.23 – Não-conformidade .....	65
Fig.6.24 – Em conformidade.....	65
Fig.6.25 – SICCO vs ausência de controlo.....	65
Fig.6.26 – Não-conformidade: imperfeita limpeza do suporte.....	66
Fig.6.27 – SICCO vs ausência de controlo.....	66
Fig.6.28 – Trabalho conforme.....	67
Fig.6.29 – Fissura orientada na zona do elemento vertical pilar .....	68
Fig.6.30 – SICCO vs ausência de controlo .....	69
Fig.6.31 – Não-conformidade: Bolhas de ar.....	69
Fig.6.32 – Resolução da não-conformidade.....	70
Fig.6.33 – Avaliação geral dos modelos .....	71
Fig.6.34 – Avaliação geral dos modelos .....	71
Fig.6.35 – Avaliação geral dos modelos .....	72
Fig.6.36 – Análise SWOT .....	72





## **ÍNDICE DE QUADROS**

Quadro 3.1 – Sobrecargas em pavimentos, varandas e escadas de edifícios .....	16
Quadro 3.2 – Dimensões dos empilhadores de acordo com as classes FL .....	17
Quadro 3.3 – Carga por eixo .....	17
Quadro 3.4 – Razão água/cimento e limites da dosagem .....	19
Quadro 5.1 – Legenda da figura 5.1 .....	37
Quadro 6.1 – Número de vezes que a não-conformidade foi detetada .....	58
Quadro 6.2 – Classificação das não-conformidades .....	59
Quadro 7.2 – Origem das não-conformidades .....	73



## **SÍMBOLOS, ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS**

A/C – Razão água/cimento

ANAPRE – Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho

CCQ – Círculo de controlo da qualidade

CPF – Controlo da produção em fábrica

DQC – Modelo Dinâmico de Controlo da Qualidade

FCC – Fichas de controlo da conformidade

FEUP – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

IC – Compactação inteligente

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NCR – Não-conformidades

PDCA – Plan – Do – Check – Action

RAD – Revestimentos de alto desempenho

RDO – Registo diário de obra

SGQ – Sistemas de gestão da qualidade

SICCO – Sistema Integrado de Controlo da Conformidade em Obra

TIC – Tecnologias de informação e comunicação

TMQ – Total quality management (Gestão da qualidade total)

UFMG – Universidade Federal de Minas Gerais



# 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1. ENQUADRAMENTO

Setor chave da economia portuguesa, a construção civil defronta-se com a necessidade de reverter a queda do investimento — condição de uma retoma económica sustentável num setor que mobiliza recursos financeiros de tão grande monta.

A leitura do artigo científico “Dynamic Quality Control of Process Resource to Improve Concrete Supply Chain”, da autoria de Sungkon Moon, Payam R. Zekavat e Leonhard E. Bernold, publicado na revista científica *Journal of construction Engineering management*, despertou o interesse do autor pelo tema do controlo da qualidade, o qual vai ser aplicado ao longo deste trabalho aos pavimentos indústrias. Nesse artigo é apresentado o modelo dinâmico de controlo da qualidade (DQC), cujo principal objetivo é manter as condições ótimas da qualidade dos recursos de forma a reduzir ao mínimo a probabilidade de ocorrerem problemas durante ou após o processo construtivo. Este modelo advoga o exercício do controlo desde o início do projeto e não apenas na fase do produto final [1]. No capítulo 2 desta dissertação, o autor apresenta uma análise bibliométrica do controlo da qualidade, recorrendo a vários artigos científicos.

A indústria da construção conheceu nos últimos anos uma evolução tecnológica muito significativa. Beneficiou desde logo das novas tecnologias de informação e comunicação (TIC). Hoje, com um simples telemóvel, tablet ou computador, os intervenientes nas diversas fases do projeto comunicam entre si de uma forma imediata que lhes proporciona uma visão completa dos detalhes e do andamento do projeto e reforça a sua capacidade de detetar e corrigir não-conformidades. Nada semelhante aos rabiscos no papel usados no passado.

As novas tecnologias desenvolvidas na indústria da construção deparam-se, no entanto, com o grave problema da escassez de mão-de-obra qualificada — agravada pela emigração para países com níveis salariais muito superiores — e o consequente aumento do volume de trabalho, que se torna um fator limitativo do crescimento. Uma das estratégias para enfrentar esta situação consiste em alterar os métodos de construção, incorporando na execução dos trabalhos soluções de prefabricação, que exigem o concurso de menos operários, e implementando sistemas de controlo através de meios informáticos.

O desenvolvimento sustentável dos projetos exige a monitorização da qualidade dos materiais, equipamentos e processos de fabricação, por forma a precaver a degradação precoce das edificações que hoje assistimos e que decorrem de falhas na fase da conceção/projeto e na fase da construção/execução. Uma construção apoiada no controlo da conformidade e da qualidade em ambas as fases é crucial para assegurar o correto funcionamento dos edifícios e assim diminuir os custos da respetiva manutenção.

## **1.2. PROBLEMÁTICA**

A partilha eficaz de informação entre os diversos intervenientes no processo construtivo tornada possível pelas TIC, habilita o engenheiro civil a acompanhar a execução do projeto em função de uma visão global atenta à multidisciplinariedade da construção dos nossos dias.

Para fazer face à forte concorrência com que as empresas de construção se deparam no seu dia-a-dia, o cumprimento rigoroso do plano prévio assume importância crucial. Evitam-se assim deficiências de construção e as decorrentes obrigações durante o prazo de garantia. Uma das áreas fulcrais nesse processo são os pavimentos industriais. O respetivo controlo da qualidade exige análise de informação, dispersa por uma variedade de normas e documentos técnicos estrangeiros e nacionais.

O autocontrolo da conformidade consiste num conjunto de ações e de decisões tomadas com base em regras preestabelecidas. Com o aparecimento das TIC esse autocontrolo tornou-se mais fácil, tornando-se numa vantagem para a produtividade das empresas, facilitando a comunicação entre os intervenientes e diminuindo o custo do controlo da qualidade em obra.

Com o objetivo de contornar as dificuldades decorrentes de tal dispersão, o engenheiro Rui Bessa desenvolveu uma aplicação Web a que deu o nome SICCO — Sistema Integrado de Controlo da Conformidade em Obra. Trata-se de uma plataforma online onde é possível armazenar a informação da obra, assim tornada acessível a todos os intervenientes.

No desenvolvimento da dissertação pretende-se usufruir de todas as vantagens do software e descobrir novas formas de aplicação.

## **1.3. OBJETIVO DA DISSERTAÇÃO**

O presente trabalho tem como objetivos últimos:

- demonstrar as vantagens do controlo da qualidade na área dos pavimentos industriais — tanto para as empresas, que evitam gastos extras, como para os clientes; e
- avaliar as potencialidades da aplicação do software escolhido, quer ao nível do controlo das tarefas em execução, quer ao nível das trocas de informação entre os intervenientes nessas mesmas tarefas.

Propõe-se para isso:

- analisar e sistematizar os aspetos mais relevantes associados ao processo construtivo dos pavimentos térreos;
- proceder ao controlo da execução dos trabalhos numa dada empresa — tanto dos realizados pelos funcionários da empresa como pelos seus subempreiteiros;
- proceder ao tratamento das não-conformidades detetadas com auxílio do software.

Para implementar estes propósitos, serão elaboradas fichas de controlo da conformidade (FCC) — geradas no próprio sistema e de preenchimento automático — que terão em consideração as diferentes áreas funcionais.

Com esta proposta de tese, o autor pretende alargar os conhecimentos em matéria de fiscalização, área em que, em seu entender, reside o remédio para grande parte dos problemas verificados ao nível da construção: prevenir.

## **1.4. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

A dissertação encontra-se dividida em 7 capítulos:

No presente capítulo, é realizado o enquadramento do trabalho, apresentada a problemática e são definidos os objetivos que vão ser debatidos ao longo do trabalho para abordar e clarificar a problemática referida

No 2º capítulo, “Síntese do Conhecimento”, é exposta toda a informação relevante para o desenvolvimento da dissertação.

No 3º capítulo, “Enquadramento Normativo”, são expostas as normas nacionais e internacionais relacionadas com o tema pavimentos térreos industriais.

No 4º capítulo, “Tecnologia Adotada”, é apresentado o software utilizado como ferramenta de trabalho.

No 5º capítulo, “Caso de Estudo e pormenores construtivos”, procede-se à apresentação da empresa e dos casos de estudo. São também abordados os pormenores construtivos, tipos de pavimentos e patologias associadas a este tipo de construção.

No 6º capítulo, “Metodologia proposta de controlo da conformidade recorrendo ao sistema informático SICCO”, são apresentadas as FCC elaboradas pelo próprio Autor e procede-se ao tratamento da informação delas retirada. (As FCC podem ser visualizadas no Anexo da dissertação.)

No 7º capítulo, “Conclusões”, como o próprio nome indica, são apresentadas as conclusões finais e os as pesquisas a desenvolver no futuro.





# 2

## SÍNTESE DO CONHECIMENTO

### 2.1. QUALIDADE

A qualidade é um conceito subjetivo que está diretamente relacionado com a percepção individual, ela mesma influenciada pelas motivações pessoais, a cultura, o tipo de produto ou serviço prestado. Qualidade pode entender-se como o melhor resultado possível para um determinado serviço; mas pode qualificar serviços que corresponderam a todas as especificações técnicas; ou os serviços que, para além de corresponderem a todas as especificações técnicas, também conseguem ir ao encontro das especificações do consumidor (o que nem sempre é fácil garantir nesta área de atuação); pode designar um conjunto de características ou processos destinados a satisfazer o consumidor. Em termos de custo, a qualidade pode ainda ser medida através do seu preço, sendo equivalente ao serviço prestado: quanto mais caro o serviço, mais valor e mais qualidade ele tem.

#### 2.1.1. CONTROLO DA QUALIDADE

O controlo da qualidade na construção tem a função de planear e executar sistemas de monitorização passíveis de garantir a qualidade na produção. Cada empresa, seja ela de grande, média ou pequena dimensão, deve ter um único sistema de controlo da qualidade ajustado às suas especificidades.

#### 2.1.2. BENEFÍCIOS DO CONTROLO DA QUALIDADE

A regulação e a certificação do setor da construção através de regulamentos técnicos obrigatórios e a monitorização de todos os processos de execução e dos fluxos que incluem os clientes e os fornecedores permitem às empresas detetar precocemente falhas e obstáculos e prevenir erros anteriormente cometidos, diminuindo assim os custos e o desperdício.

Coadjuvado pela uniformização da produção e a clara definição de competências, o controlo da qualidade aumenta a eficiência da empresa. Investir no controlo da qualidade na construção civil deixou, pois, de ser uma vantagem competitiva para se tornar uma questão de sobrevivência das empresas.

#### 2.1.3. SISTEMA DA QUALIDADE

Os sistemas de gestão da qualidade (SGQ) têm por objetivo mapear e verificar todos os processos do dia-a-dia da empresa e definir os princípios e as diretrizes a aplicar em cada processo. A definição e a análise dos indicadores de desempenho habilitam o gestor a tomar decisões seguras.

Os SGQ visam também implantar novos processos ou melhorar os vigentes, divisar formas de melhorar a qualidade dos produtos e serviços disponibilizados aos clientes — por outras palavras, modos de satisfazer mais um número de clientes.

Daí decorre uma melhoria na imagem, no desempenho e na cultura organizacional. A produção aumenta e os custos descem; regista-se um diferencial, sendo esse um critério que garante maiores oportunidades e competitividade frente aos mercados nacional e internacional.

Registe-se, contudo, que para que o resultado seja reconhecido, será necessário que outra empresa especializada em auditoria de gestão da qualidade faça esse serviço. Assim, obtém-se um certificado de qualidade, isso irá depender da área onde a empresa atua, e também, das normas que regem esta área. [2]

#### 2.1.4. GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL (TQM)

A TQM é uma metodologia de gestão que visa a satisfação do utilizador final. A utilização deste conceito leva à melhoria da eficiência operacional, à otimização de recursos, à redução de custos e ao aumento da motivação dos colaboradores. Esta ferramenta de gestão é simultaneamente uma das mais eficientes e uma das mais difíceis de implementar. Os princípios básicos da TQM podem ser observados na figura 2.1. Porque este processo se encontra em sintonia com os sistemas normativos, o autor considerou relevante proceder a um enquadramento normativo sobre o tema, cujos resultados se encontram no capítulo 3 deste trabalho. [3]

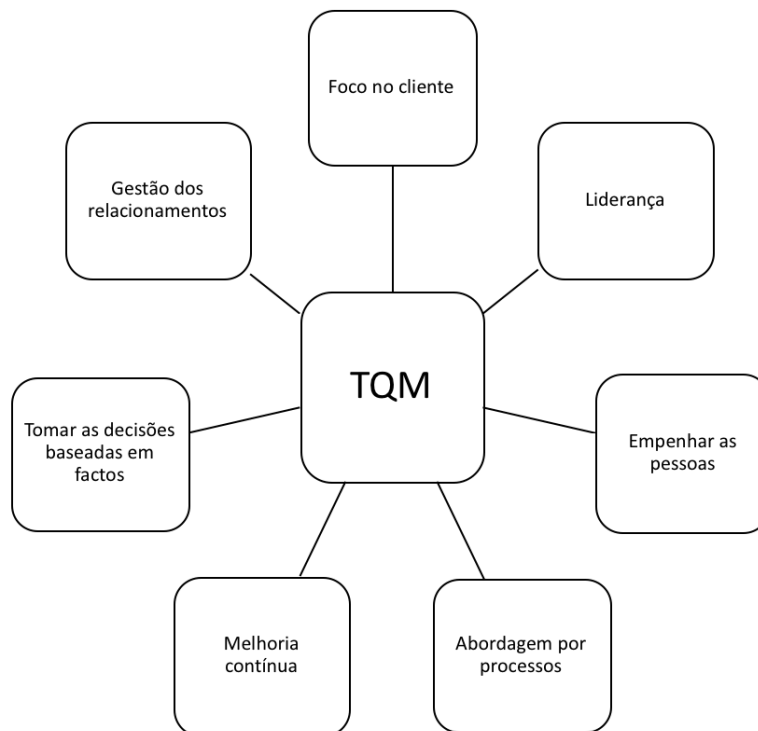


Fig. 2.1 – Sistema de gestão de qualidade total [3]

#### 2.1.5. CÍRCULO DE CONTROLO DA QUALIDADE (CCQ)

Baseado num conceito surgido em 1962 no Japão, a criação de CCQ tornou-se uma prática nas empresas de construção a nível global. Formado por um grupo de intervenientes com o objetivo de propor modificações no que é necessário melhorar, o CCQ tem como principais objetivos: [4]

- Diminuir os erros na produção e melhorar a qualidade da execução do produto
- Aumentar a eficiência do grupo de trabalho
- Potenciar a capacidade de resolver e prever problemas

- Incentivar e desenvolver processos de comunicação entre chefias e funcionários das diferentes áreas de trabalho

#### 2.1.6. ISO 9001

A norma ISO 9001 certifica os SGQ e define os requisitos para a respetiva implantação. Elaborada pelo Comité Técnico Quality Mangement and Quality Assurance, esta ferramenta de padronização é um modelo seguro para a implantação da gestão da qualidade. O objetivo da norma é trazer confiança ao cliente de que os produtos e serviços da empresa serão gerados de modo repetitivo e consistente e respeitarão os padrões de qualidade definidos pela empresa.

Qualquer empresa, pública ou privada, pode obter a certificação com base na ISO 9001, independentemente do setor ou produto/serviço oferecido. Trata-se de um recurso valioso para a gestão das empresas, pois agrupa um conjunto de práticas de gestão de empresas de todo o mundo. Certificada por esta norma, a empresa terá competência para acionar uma importante ferramenta da qualidade: o Ciclo Plan–Do–Check–Action (PDCA, que significa planejar, fazer, verificar e agir). [5]

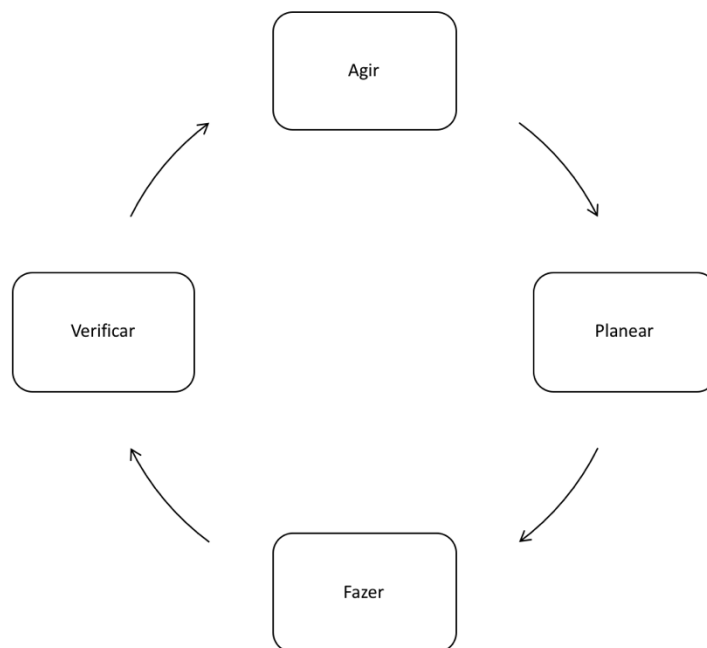


Fig. 2.2 – Ciclo PDCA

Além do ciclo PDCA, a norma ISO 9001 conta com oito princípios de qualidade. Tratam-se de requisitos vários, provenientes das experiências de diversas organizações, que podem ser usados por qualquer empresa que deseje utilizar o sistema. Cada princípio deve ser analisado e estudado para que seja atingido o sucesso na implantação do modelo: [5]

- **Foco no Cliente:** os funcionários devem trabalhar para atender o cliente de forma satisfatória e agradável, pois sem eles a empresa não obteria a sua fidelização;
- **Liderança:** deve ter solidez e estar por dentro dos avanços do mercado da empresa. Além disso, a organização deve oferecer as ferramentas necessárias para que os liderados executem os processos com eficácia;

- **Abordagem de Processo:** é a relação entre os funcionários e as tarefas que são executadas na empresa, além da relação entre a entrada e a saída desses processos e a oferta de recursos para que a atividade seja bem desempenhada;
- **Abordagem Sistémica para a Gestão:** os processos devem ser visualizados como um sistema, onde tudo que faz parte do sistema interaja. A partir disso, os processos poderão ser avaliados e organizados;
- **Envolvimento das Pessoas:** conforme explica o conceito de gestão da qualidade, a equipa de trabalho é um dos principais recursos da empresa;
- **Melhoria Contínua:** princípio graças ao qual a equipa adquire o conhecimento de como os processos devem ser realizados para atingirem a qualidade;
- **Abordagem Factual para Tomada de Decisões:** através dos indicadores, das auditorias e análises feitas no âmbito do SGQ, os gestores poderão verificar as oportunidades e os desafios da empresa, e assim tomar decisões que auxiliarão na melhoria dos serviços e produtos;
- **Benefícios Mútuos nas Relações com os Fornecedores:** tanto os funcionários como os fornecedores estabelecem uma relação de parceria com a empresa. Com esse tratamento, prazos e preços contribuem para a qualidade dos produtos e serviços.

## 2.2. FISCALIZAÇÃO

### 2.2.1. FISCALIZAÇÃO DE OBRA

A fiscalização tem como objetivo a verificação da conformidade da construção com as definições do projeto. Em termos práticos, corresponde a um acompanhamento em tempo real e no local de obra de modo a assegurar ao dono de obra que a execução dos trabalhos está de acordo com o projeto ou informar em tempo adequado o empreiteiro sobre as não-conformidades detetadas pela equipa de fiscalização.

### 2.2.2. DIRETOR DE FISCALIZAÇÃO

Tem a função de executar e coordenar os serviços de fiscalização. Esta função pode ser desempenhada por um arquiteto ou um engenheiro, conforme o caso específico. No caso de estudo que se apresenta no capítulo 5 o autor assumirá essa função e as inerentes responsabilidades, tomando a empresa como universo de referência. Atuando como um diretor de fiscalização interno da própria empresa, exercerá o controlo interno dos trabalhos realizados pela própria empresa. Esse trabalho é apresentado nos capítulos 5 e 6.

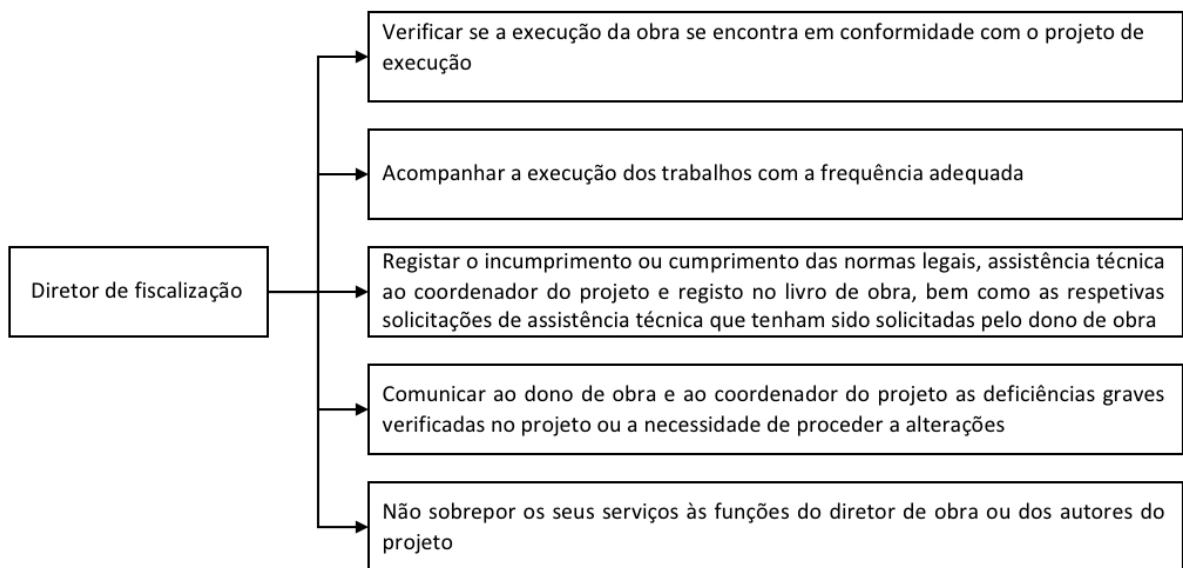


Fig. 2.3 – Responsabilidade do diretor de fiscalização [6]

### 2.2.3. FICHAS DE CONTROLO DA CONFORMIDADE (FCC)

A FCC tem como função ser o suporte físico do processo de inspeção do agente de fiscalização, com o propósito de verificar os seguintes objetivos:

- Criar um guia de trabalho da equipa de fiscalização
- Ser uma prova do trabalho da fiscalização, contribuindo para a credibilização do processo
- Promover a qualidade da obra
- Servir como base de dados das conformidades e não-conformidades

A estrutura de uma FCC:

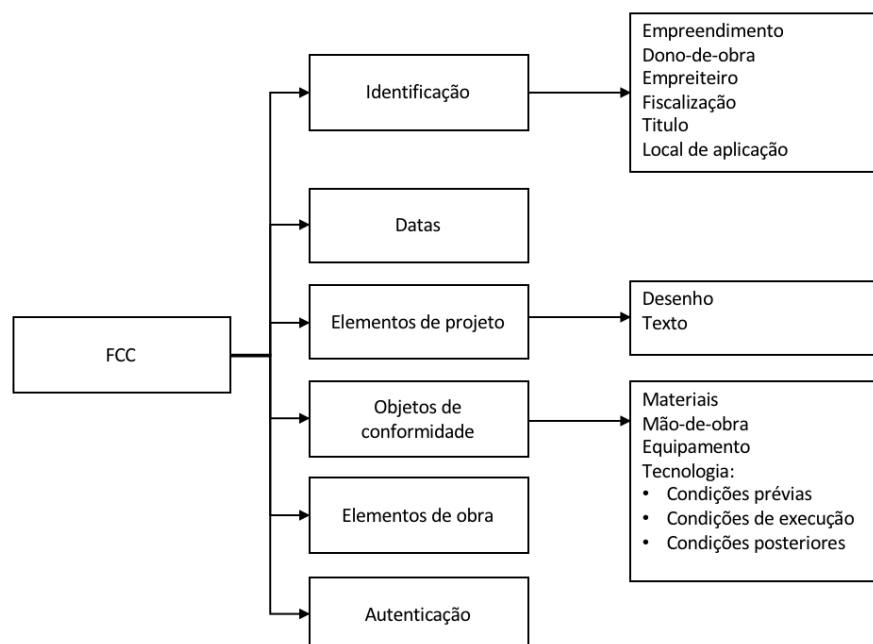


Fig. 2.4 – Estrutura de uma FCC

A figura 2.4 revela a estrutura de uma FCC tipo. O uso das novas tecnologias, em particular o sistema informático SICCO, revelarão, porém, algumas diferenças entre a FCC tipo e as FCC criadas pelo autor, estas últimas apresentadas no Anexo.

O número e o teor das FCC necessárias para o controlo da tarefa são ditados pelo plano de conformidade. Na figura 2.5 podemos ver um exemplo de um plano de controlo da conformidade de uma obra de betão armado: [7]

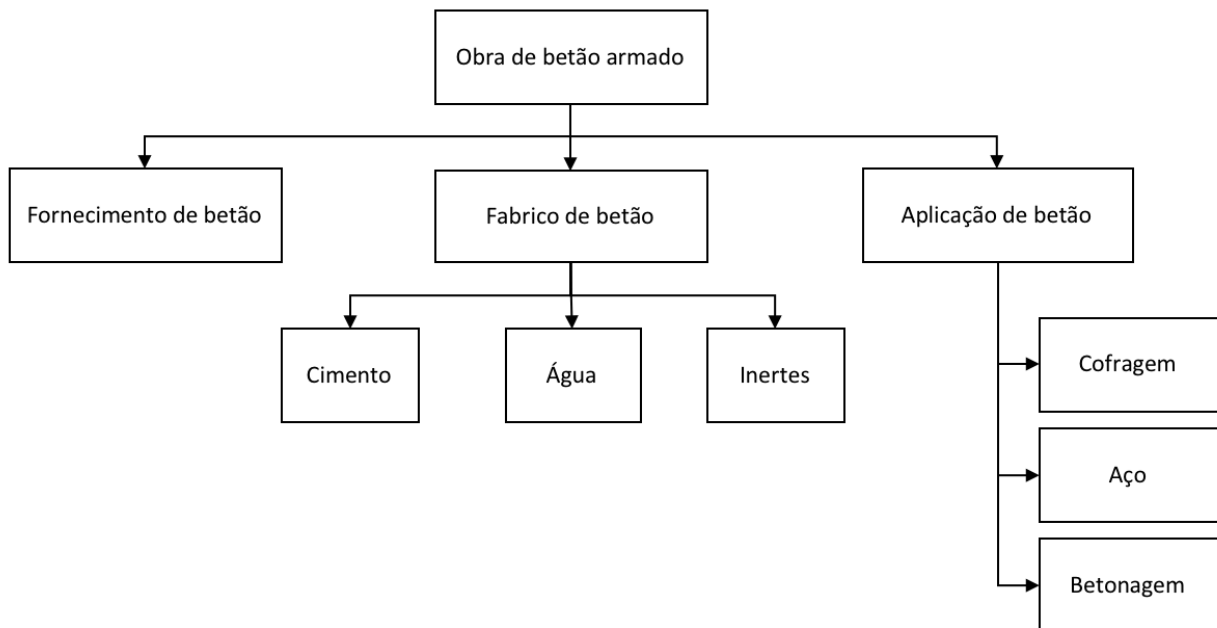


Fig. 2.5 – Plano de conformidade [7]

As não-conformidades detetadas são objeto do seguinte procedimento (Fig. 2.6):

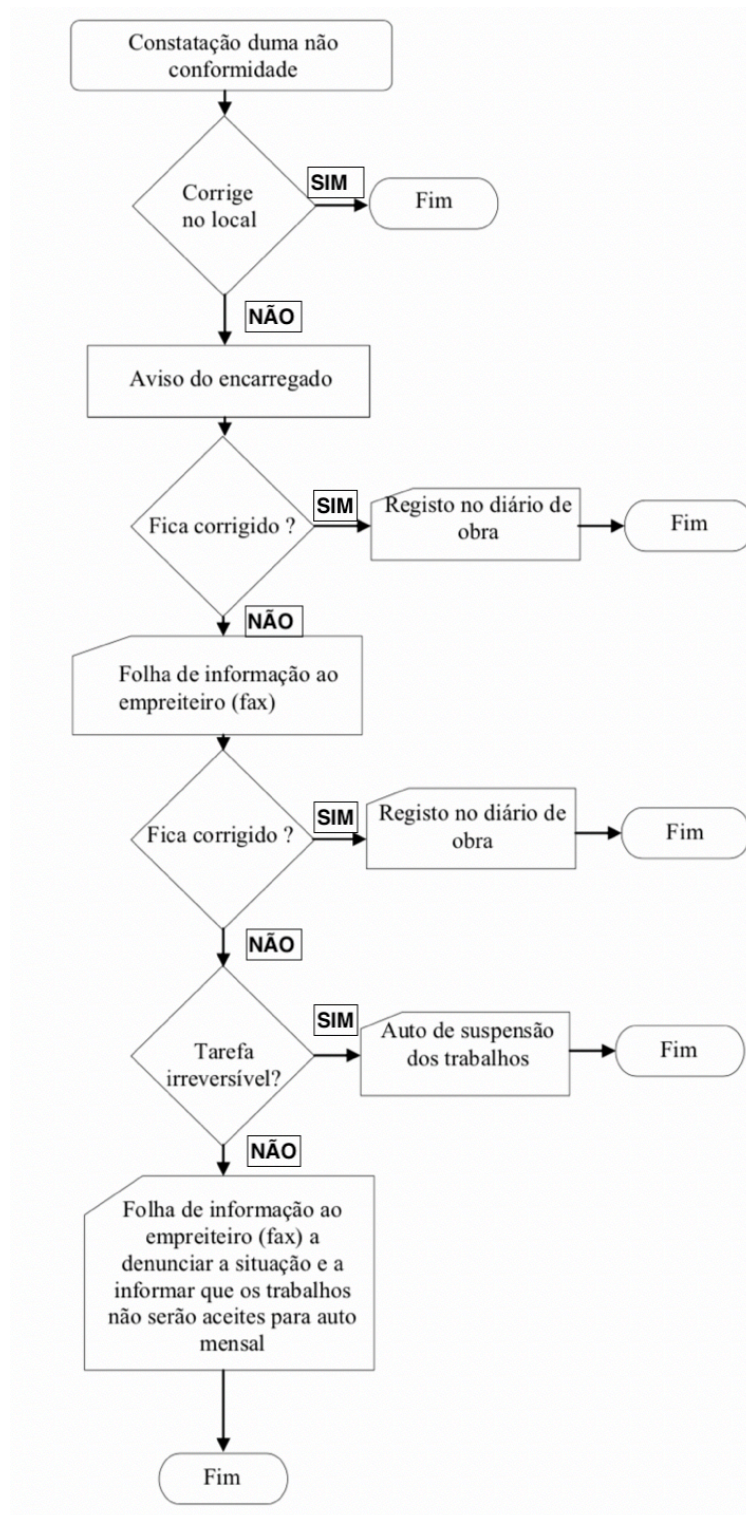


Fig. 2.6 – Tratamento de uma não-conformidade [7]

A não-conformidade reflete um erro ocorrido no decurso do processo construtivo que dará origem a um resultado insatisfatório para o cliente. Dizer que o processo não está conforme não é a mesma coisa que dizer que se encontra com defeito. O defeito no processo está relacionado com um problema de utilidade ou funcionalidade, enquanto a não-conformidade, que pode ou não estar ligada a um problema no processo, traduz o não-cumprimento de recomendações específicas da ISO 9001, o que significa dizer



que o processo não está à altura do padrão de qualidade desejado [7]. O tratamento das não-conformidades será realizado no capítulo 6.

#### 2.2.4. POLÍTICA DA CONFORMIDADE

O controlo da conformidade deve ocorrer não exclusivamente na fase de conceção da obra, mas sim em todas as fases antecedentes e posteriores à execução. A sucessão destas pode ser graficamente representada por uma pirâmide de esforço, na base da qual se encontra a fase de projeto — crucial no que à eliminação de erros, omissões e incoerências diz respeito — logo seguida das fases de preparação, execução e receção de obra. Funcionando como uma fase de formalização e não de confirmação, esta última envolve um nível de esforço praticamente nulo. O esforço vai diminuindo da base para o topo da pirâmide, como se pode ver na figura 2.7. [7]

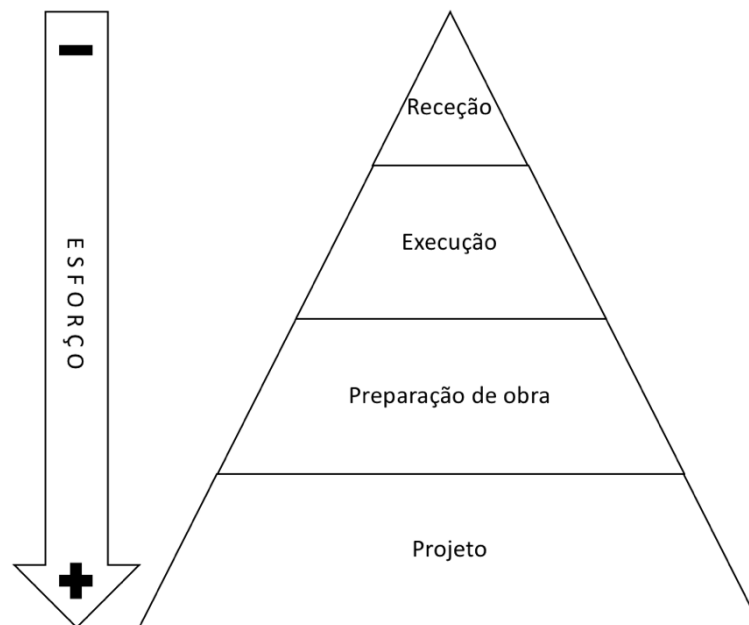


Fig.2.7 – Pirâmide de esforço

### 2.3. TECNOLOGIAS DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO (TIC)

O correto desenvolvimento de um projeto assenta em larga medida na possibilidade de, ao longo de todo o seu ciclo de vida, todos os intervenientes terem acesso, em tempo real, a um volume considerável de informação. Da troca de informação depende nomeadamente a capacidade de monitorizar custos, prazos e indicadores de desempenho e assim controlar a instabilidade e a incerteza do setor.

Este fluxo de informação foi substancialmente facilitado pelas TIC, com a introdução de novos softwares. No decorrer da presente dissertação, o autor procede à análise da potencialidade do software SICCO ao nível do armazenamento, acesso e troca da informação, submetendo-o a um controlo da qualidade a partir de vários casos de estudo. Nos capítulos 4 e 6 pode ser consultada a informação sobre a aplicação do software.

### 2.4. BIBLIOMETRIA ESPECÍFICA

No âmbito desta dissertação, procedeu-se, com recurso a várias plataformas de busca, à pesquisa de artigos científicos publicados em vários jornais internacionais sobre o controlo da qualidade e

conformidade na construção. De entre as fontes encontradas, destacam-se 3 revistas científicas internacionais que se revelaram particularmente úteis para a investigação em curso:

- *Journal of Construction Engineering and Management*;
- *Journal of Management in Engineering*;
- *Journal of Materials in Civil Engineering*.

O gráfico aqui reproduzido regista o número de artigos que o autor considerou relevantes para o desenvolvimento do tema da dissertação.

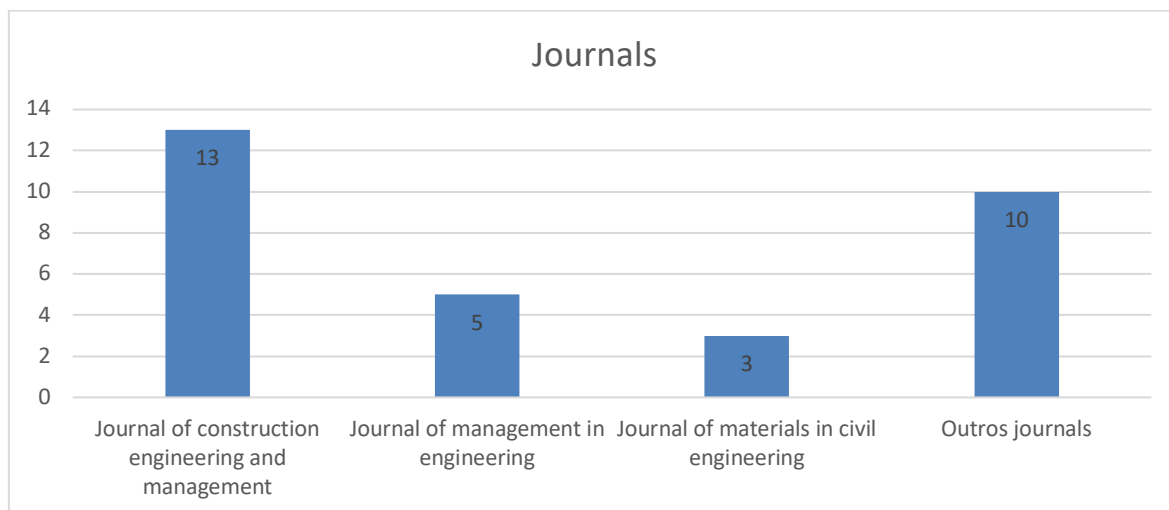


Fig.2.8. – Número de artigos científicos consultados [8]

## 2.5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.5.1. REVISTAS CIENTÍFICAS

Em revistas científicas, foram encontrados 31 artigos com interesse para o desenvolvimento do tema, de entre os quais o autor considera relevante destacar 3.

#### 2.5.1.1. Suitability of Intelligent Compaction for Asphalt Pavement Quality Control and Quality Assurance

Em “Suitability of Intelligent Compaction for Asphalt Pavement Quality Control and Quality Assurance” (Relevância da compactação inteligente no controlo da qualidade e garantia da qualidade do pavimento asfáltico), Soojin Yoon, Makarand Hastak e Jusang Lee discorrem sobre a importância da aplicação da tecnologia da compactação inteligente para garantir a qualidade dos pavimentos asfálticos. A garantia de qualidade refere-se a ações necessárias para aceitar a qualidade da construção e para certificar que a qualidade da construção avaliada é aquela que o proprietário indicou. Dos resultados decorrentes da aplicação das TIC, os autores destacam uma compactação mais uniforme, diminuição da necessidade de manutenção do pavimento e a possibilidade de conduzir a uma pavimentação noturna. Ao permitir medições de compactação em tempo real, a TIC ajudaria também na resolução dos problemas de ajuste de pagamento. [9]

#### 2.5.1.2. Revisiting Quality Failure Costs in Construction

O artigo “Revisiting Quality Failure Costs in Construction” (Análise de custos das falhas de qualidade na construção) examina as falhas de qualidade de construção na perspetiva dos custos. Tomando a conformidade com os requisitos e as especificações definidas pela ISO 9001 como padrão de medida da qualidade, os autores — Peter E. D. Love, Pauline Teo e John Morrison — equiparam o custo da

qualidade ao custo da conformidade, isto é, aos custos de prevenção e avaliação de NCRs (falhas internas e externas). Da análise de 7082 não-conformidades em 218 projetos, os autores concluem que a falta de qualidade pode afetar significativamente os lucros das empresas de construção. Não seria razoável supor que todas as não-conformidades pudessem ter sido evitadas, mas a redução em 50% dos custos inerentes teria sido possível. As exigências de confidencialidade do mercado de construção dificultam este tipo de análise de conformidades. [10]

#### 2.5.1.3. Dynamic Quality Control of Process Resource to Improve Concrete Supply Chain

Em “Dynamic Quality Control of Process Resource to Improve Concrete Supply Chain” (Controlo dinâmico de qualidade do recurso de processo para melhorar o fornecimento de betão), Sungkon Moon, Payam R. Zekavat e Leonhard E. Bernold abordam o tema da gestão da qualidade na indústria da construção relacionada com o fornecimento de betão e analisam os meios encontrados pela indústria global para reavaliar os seus métodos e construir novos conceitos com o objetivo de se manter competitiva. Destaca-se de entre eles, o círculo de controlo da qualidade (CCQ) criado na década de 1960 por Kaoru Ishikawa, que granjeou seguidores em quase 130 países. A força do CCQ resultou da partilha de informação e conhecimento no seio de uma equipa de trabalho responsável pela execução dos modelos de qualidade. O objetivo básico do CCQ é criar um produto livre de problemas sem a necessidade de inspeção. O artigo destaca também a comparação de diferentes métodos de controlo da qualidade e modelos de aplicação dos mesmos. [1]

# 3

## ENQUADRAMENTO NORMATIVO

### 3.1. OBJETIVOS

Neste capítulo o autor efetua uma análise normativa tanto ao nível nacional como internacional. Este capítulo está dividido em duas partes. Na primeira, far-se-á um levantamento das normas europeias e nacionais existentes mais diretamente relacionadas com a execução de pavimentos térreos industriais, fazendo-se também referência ao tema das fibras metálicas nos pavimentos industriais. A segunda parte é dedicada a normas internacionais relacionadas com pavimentos industriais.

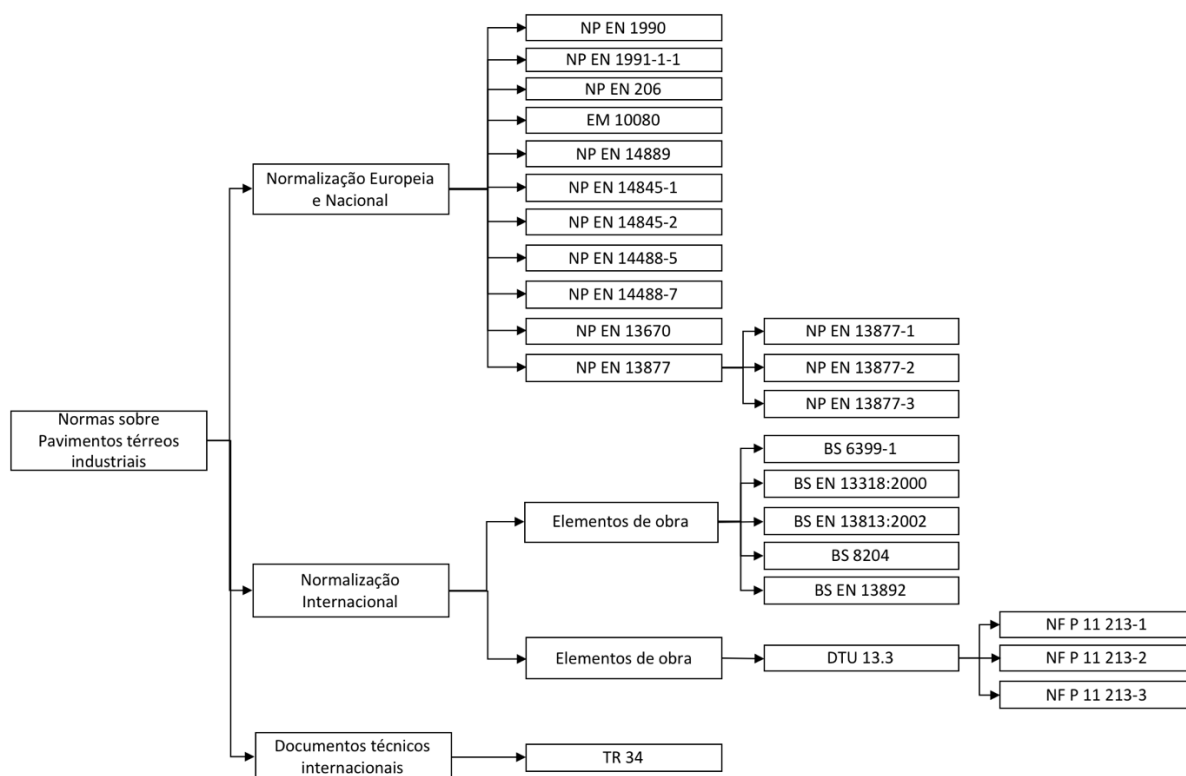


Fig. 3.1. – Estrutura global da normalização de pavimentos industriais

### 3.2. NORMALIZAÇÃO EUROPEIA E NACIONAL

#### 3.2.1. NP EN 1990:2009. EUROCÓDIGO – BASE PARA O PROJETO DE ESTRUTURAS

A presente norma tem como objetivo descrever os princípios e os requisitos de segurança, utilização e durabilidade das estruturas, baseando-se no conceito de estado de limite, utilizado em conjunto com um método de coeficientes parciais. [11]

#### 3.2.2. NP EN 1991-1-1:2009 PARTE 1-1. EUROCÓDIGO 1 – AÇÕES GERAIS

A presente norma tem como objetivo definir ações e apresentar linhas de orientação para a execução de projetos estruturais de edifícios como de outro tipo de obras de engenharia civil no que se refere a pesos volúnicos dos materiais de construção e dos materiais armazenados, peso próprio dos elementos de construção e sobrecargas em edifícios. No que diz respeito aos pavimentos, no capítulo 6 da referida norma encontram-se os valores característicos das subcargas. A categoria D2 (quadro 3.1) apresenta os valores das subcargas para utilização específica de atividades comerciais em zonas de grandes armazéns. [12]

Quadro 3.1 – Sobrecargas em pavimentos, varandas e escadas de edifícios [12]

<b>Categorias de zonas carregadas</b>	<b><math>q_k</math> [kN/m<sup>2</sup>]</b>	<b><math>Q_k</math> [kN]</b>
<b><i>Categoria A</i></b>		
- Pavimentos	1,5 a 2,0	2,0 a 3,0
- Escadas	2.0 a 4.0	2.0 a 4.0
- Varanda	2.5 a 4.0	2.0 a 3.0
<b><i>Categoria B</i></b>	2.0 a 3.0	1.5 a 4.5
<b><i>Categoria C</i></b>		
- C1	2.0 a 3.0	3.0 a 4.0
- C2	3.0 a 4.0	2.5 a 7.0 (4.0)
- C3	3.0 a 5.0	4.0 a 7.0
- C4	4.5 a 5.0	3.5 a 7.0
- C5	5.0 a 7.5	3.5 a 4.5
<b><i>Categoria D</i></b>		
- D1	4.0 a 5.0	3.5 a 7.0 (4.0)
- D2	4.0 a 5.0	3.5 a 7.0

Segundo a norma os empilhadores deverão ser classificados em 6 classes de FL 1 a FL 6, dependendo da tara, das dimensões, cargas e elevação (quadro 3.2).

Quadro 3.2 – Dimensões dos empilhadores de acordo com as classes FL [12]

Classe do empilhador	Tara [kN]	Carga de elevação [kN]	Distância entre rodas a [m]	Largura total b [m]	Comprimento total l [m]
FL 1	21	10	0,85	1,00	2,60
FL 2	31	15	0,95	1,10	3,00
FL 3	44	25	1,00	1,20	3,30
FL 4	60	40	1,20	1,40	4,00
FL 5	90	60	1,50	1,90	4,60
FL 6	110	80	1,80	2,30	5,10

A carga vertical estática por eixo de um empilhador ( $Q_k$ ) depende das classes do empilhador (FL1 a FL 6), como indicado no quadro 3.3.

Quadro.3.3. – Carga por eixo [12]

Classe do empilhador	Carga por eixo $Q_k$ [kN]
FL 1	26
FL 2	40
FL 3	63
FL 4	90
FL 5	140
FL 6	170

### 3.2.3. NP EN 1992-1-1. EUROCÓDIGO 2 – PROJETO DE ESTRUTURAS DE BETÃO

A presente norma tem por objetivo descrever os princípios e os requisitos de segurança, utilização e durabilidade das estruturas de betão, baseando-se no conceito de estado de limite, utilizado em conjunto com um método de coeficientes parciais. O eurocódigo 2 não oferece um método de cálculo capaz de satisfazer as necessidades dos projetistas, motivo pelo qual, para atingir os requisitos funcionais impostos pelas diferentes indústrias, é necessário recorrer a referenciais internacionais para dimensionamento de pavimentos térreos. [13]

### 3.2.4. NP EN 206:2013 + A1. BETÃO

A norma aplica-se ao betão destinado a estruturas betonadas em obra, estruturas pré-fabricadas e a produtos estruturais pré-fabricados para edifícios e obras de engenharia civil. A presente norma especifica requisitos para:

- os materiais constituintes do betão;
- as propriedades do betão fresco e endurecido e a sua verificação;
- as limitações à composição do betão;
- a especificação do betão;
- a entrega do betão fresco;

- os procedimentos de controlo da produção; e
- os critérios de conformidade e a avaliação da conformidade. [14]

### 3.2.5. EN 10080:2005

Esta norma europeia enuncia os requisitos gerais e as definições para as características de desempenho do aço de reforço soldável para o reforço de betão, entregues como produtos acabados sob a forma de barras, bobines, malhas eletrossoldada com recurso a máquina na fábrica e vigas de rede. Os aços de acordo com esta norma europeia têm uma superfície com nervuras, recuada ou lisa. Na execução de pavimentos térreos utilizam-se as malhas eletrossoldadas, para originar uma resistência aos esforços de tração e corte a que o pavimento vai estar sujeito durante a sua vida. A utilização deste tipo de armadura pré-fabricada permite uma maior eficiência na execução dos trabalhos. Os varões são normalmente utilizados para reforçar zonas sensíveis como estruturas verticais e caixas de pavimento. [15]

### 3.2.6. NP EN 14889:2008. FIBRAS PARA BETÃO

Esta norma é dividida em duas partes, sendo a primeira direcionada para as fibras de aço, suas definições, especificações e conformidades, e a segunda para fibras poliméricas e respetivas definições, especificações e conformidades. Os principais parâmetros de avaliação das fibras são:

- dimensões e tolerâncias,
- resistência à tração,
- módulo de elasticidade,
- ductilidade,
- amassadura,
- efeito sobre a consistência do betão,
- efeito sobre a resistência do betão,
- libertação de substância perigosa,
- ponto de fusão e ignição no caso das fibras poliméricas. [16,17]

A avaliação da conformidade aos requisitos desta norma deve ser realizada por comparação com os valores declarados pelo produtor através de ensaios e do controlo de produção realizados em fábrica.

- Ensaio de tipo inicial: visa demonstrar a conformidade com esta norma, que estabelece os limites mínimos da dimensão da amostra e impõe a recolha aleatória.
- Controlo de produção em fábrica. “O produtor deve estabelecer, documentar e manter um sistema de controlo da produção em fábrica (CPF) que assegure que os produtos colocados no mercado estão em conformidade com os requisitos desta Norma e com as características de desempenho declaradas. O sistema CPF deve consistir em procedimentos, inspeções regulares, ensaios ou avaliações regulares e na utilização dos resultados para controlo da matéria-prima e de outros materiais ou componentes, do equipamento, dos processos de produção e do produto.» [16]

### 3.2.7. NP EN 1845-1:2008. MÉTODO DE ENSAIO DE FIBRAS NO BETÃO. PARTE 1 – BETÕES DE REFERÊNCIA

A norma tem como objetivo prescrever os constituintes e as proporções dos betões de referência, a serem utilizados na avaliação do desempenho das fibras no betão em condições normalizadas em laboratório. Estes tipos de betões devem ser formulados para satisfazer uma determinada resistência, a tração por flexão. A norma em causa estabelece a composição e as propriedades do betão de referência que são:

- razão água/cimento, definida na EM 206-1;
- máxima dosagem de cimento;

- dosagem de fibras;
- consistência;
- preparação de provetes;
- cura e armazenamento do betão. [18]

As proporções do betão de referência devem ser ajustadas dentro dos limites indicados no quadro 3.4, com vista a alcançar uma resistência média a tração por flexão dentro dos limites indicados na norma.

Quadro.3.4. – Razão água/cimento e limites da dosagem [18]

Resistência à tração por flexão (MPa)	Razão água/cimento		Máxima dosagem de cimento (kg/m³)
	Máxima dimensão do agregado		
	8 mm ou 10 mm	16 mm ou 20 mm	
4,3 ± 0,3			
	0,55 <sup>b</sup>	0,55 <sup>a</sup>	350
(C 25 / 30) <sup>c</sup>			
5,8 ± 0,4			
	0,45 <sup>b</sup>	0,45 <sup>b</sup>	400
(C 40 / 50) <sup>c</sup>			

<sup>a</sup> Composição obrigatória

<sup>b</sup> Composição opcional

<sup>c</sup> Classe de resistência à compressão da EM 1992-1-1

### 3.2.8. NP EN 14845-2:2008. MÉTODO DE ENSAIO DE FIBRAS NO BETÃO. PARTE 2 – INFLUÊNCIA SOBRE A RESISTÊNCIA

A norma tem como objetivo especificar um método para determinar o efeito das fibras sobre resistência residual a flexão do betão de referência. Especifica o método de ensaio e o procedimento adequados para proceder corretamente ao ensaio. [19]

### 3.2.9. NP EN 14488-5:2008. ENSAIO DE BETÃO. PARTE 5 – DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE DE ABSORÇÃO DE ENERGIA DE PROVETES DE LAJES REFORÇADAS COM FIBRAS

A norma tem como objetivo especificar um método que possibilite a determinação da resposta carga/flecha de provetes de lajes, com o objetivo de calcular a capacidade de absorção de energia do provete até determinar a flecha. Os resultados são obtidos através da passagem da curva carga/flecha para a curva energia/flecha através do gráfico disponibilizado na norma. [20]

### 3.2.10. NP EN 14488-7:2008. ENSAIO DE BETÃO. PARTE 7 – DOSAGEM DE FIBRAS NO REFORÇO COM FIBRAS

A norma especifica o método para determinar a dosagem de betão projetado, par amostra de betão fresco no caso de fibras poliméricas e de aço, no caso de betão endurecido só se aplica a fibras de aço. [21]

### 3.2.11. NP EN 13670:2011. EXECUÇÃO DE ESTRUTURAS DE BETÃO

A norma consagra os requisitos comuns para a execução de estruturas de betão, que se aplicam quer à construção no estaleiro de obra, quer aos elementos pré-fabricados. São três as suas funções:



- *veicular para o construtor o conjunto dos requisitos estabelecidos pelo projetista durante a conceção, isto é, estabelecer a ligação entre o projeto e a execução;*
- *disponibilizar um conjunto de requisitos técnicos normalizados para a execução quando da contratação de uma estrutura de betão;*
- *servir o projetista com uma lista de verificações de forma a assegurar que este fornece ao construtor toda a informação técnica necessária para a execução da estrutura.» [22]*

O âmbito de aplicação da norma é definido nos seguintes termos:

- *«A presente Norma é aplicável a estruturas de betão, tanto provisórias como definitivas.*
- *Deverão ser considerados requisitos adicionais ou diferentes e, se requerido, constar da especificação de execução, quando se utilizar:*
  - *betão leve;*
  - *outros materiais (p. ex., fibras) ou outros materiais constituintes;*
  - *tecnologias especiais ou projetos inovadores.*
- *A presente Norma não é aplicável a elementos de betão utilizados unicamente como equipamento ou ajuda construtiva para a execução.*
- *A presente Norma não cobre a especificação, produção e conformidade do betão.*
- *A presente Norma não é aplicável à produção de elementos prefabricados de betão executados em conformidade com normas de produto.*
- *A presente Norma não cobre aspetos de saúde e de segurança da construção ou requisitos de segurança de terceira parte.*
- *A presente Norma não cobre questões contratuais ou responsabilidades relacionadas com as ações nela identificadas.» [22]*

#### 3.2.12.NP EN 13877:2009. PAVIMENTO DE BETÃO.

Na norma NP EN 13877 não são abordados temas específicos da área dos pavimentos térreos, mas nela podemos encontrar disposições e requisitos genéricos sobre os pavimentos em betão. O documento encontra-se dividido em 3 partes. A primeira parte é dedicada aos materiais constituintes dos pavimentos, entre os quais o betão. A segunda parte centra-se nos pavimentos em betão fabricados in-situ e compactados por vibração, em particular em estradas, aeroportos, pontes, vias pedonais, ciclovias, zonas de armazenamento, podendo mesmo dizer-se que o seu âmbito se estende a todas as estruturas de suporte de tráfego. Na parte três são especificados os requisitos dos varões de transferência, que se devem utilizar na execução de pavimentos em betão fabricados in-situ. [23,24,25]

### 3.3.NORMALIZAÇÃO INTERNACIONAL

#### 3.3.1.NORMAS BRITÂNICAS

##### 3.3.1.1.BS 6399-1:1996. LOADING FOR BUILDINGS – PART 1

A norma serve de orientação para o cálculo das cargas mínimas de dimensionamento, adequadas a cada tipo de pavimento industrial. O documento remete-nos para a leitura de algumas notas, a ter em conta antes de aplicar as cargas que nos são impostas, sublinhando que as cargas impostas se destinam a ser tratadas como cargas estáticas. No entanto o projeto da carga estática não é suficiente quando o carregamento dinâmico ocorre em edifícios e estruturas suscetíveis a excitação dinâmica. Nestes casos, o projeto deve ter em conta a interação carga-estrutura e frequência natural, massa amortecimento e forma da estrutura. Para projetos estruturais com vibrações como critério de manutenção, são necessárias considerações separadas de operação de equipamentos, conforto dos utilizadores. [26]

#### 3.3.1.2.BS EN 13318:2000 e BS EN 13813:2002. SCREED MATERIAL AND FLOOR SCREEDS

São normas que especificam os requisitos das betonilhas, com função de nivelamento na construção de pavimentos. Na norma estão definidas as propriedades dos constituintes das betonilhas de nivelamento no estado fresco, como o comportamento em relação a tempo de cura, consistência, valor de PH, para betonilhas endurecidas tem valores da resistência à compressão, resistência à flexão, resistência ao desgaste, dureza superficial, resistência aos rolamentos, retração e dilatação, módulo de elasticidade, resistência da ligação das camadas, resistência ao impacto, reação ao fogo, desempenho acústico, resistência térmica e resistência química. [34,27,28]

#### 3.3.1.3.BS 8204:2003. SCREED, BASES AND IN-SITU FLOORINGS

A norma faz recomendações sobre os materiais constituintes, dimensionamento, execução, inspeção e os ensaios da camada de betão que vai receber a camada de desgaste. [29]

#### 3.3.1.4.BS EN 13892:2002. METHODS OF TEST FOR SCREED MATERIALS

A norma tem como objetivo especificar o método de ensaio para materiais de betonilhas de pavimentos. Nela são abordados o ensaio da resistência abrasão segundo o método de Bohme e BCA, e os ensaios para a determinação da dureza da superfície e da resistência da superfície ao rolamento. [30]

### 3.4.NORMA FRANCESA

#### 3.4.1.NP P 111-213 DTU 13.3

É um elemento normativo para ser aplicado em obras de construção que propõem especificações padrão para as atividades da construção. No que diz respeito aos pavimentos industriais, encontramos a NF P-11 213 – Dallages: Conception, calcul et exécution.

A primeira parte, dedicada às especificações técnicas de lajes para fins industriais ou similares, define as regras para o projeto, o cálculo e a execução de pavimentos em betão como obras hidráulicas para edifícios tais como:

- Instalações industriais como fábricas, oficinas, armazéns e laboratórios
- Áreas comerciais e câmaras frigoríficas com área superior a 1000 m<sup>2</sup>. [31]

«As regras que constam neste documento abordam aspetos relacionados com os materiais constituintes do pavimento, o projeto conceptual do pavimento, parâmetros de cálculo, execução dos trabalhos, tolerâncias de execução do pavimento, ensaios e verificações, e ainda vários anexos detalhados nomeadamente para o apoio do dimensionamento geotécnico, definições de ações e requisitos para pavimentos de uso específico, avaliação de tensões e deformações, dimensionamento de pavimentos para câmaras frigoríficas e questões relacionadas com a manutenção dos pavimentos.» [34]

### 3.5.DOCUMENTOS TÉCNICOS INTERNACIONAIS

#### 3.5.1.TR 34. CONCRETE INDUSTRIAL GROUND FLOORS – A GUIDE TO DESIGN AND CONSTRUCTION

Elaborado pela Concrete Society no Reino Unido, este é um dos documentos sobre pavimentos industriais que reúne mais consenso, sendo aplicado em vários países. A norma lista uma série de procedimentos indispensáveis a um correto dimensionamento e execução do pavimento com o objetivo

de satisfazer as necessidades industriais do cliente. As etapas de conceção e dimensionamento, como cargas aplicadas que podem ser uniformemente distribuídas, cargas distribuídas e cargas pontuais; o dimensionamento do pavimento; e a resistência e o serviço do pavimento são os tópicos centrais do documento [32], que se encontra dividido em quatro partes,

- a primeira dedicada aos requisitos operacionais como cargas, regularidade e características da superfície;
- a segunda, às orientações para o correto dimensionamento dos pavimentos, como construção de juntas e materiais constituintes do pavimento;
- a terceira, ao comportamento do betão e dos materiais que o constituem, suas especificações, produção e execução; e.
- a quarta, às boas praticas na construção e execução de pavimentos térreos.

### **3.6.NOTAS FINAIS**

A sobrecarregada pesquisa bibliográfica de documentos técnicos nacionais, europeus e internacionais no âmbito dos pavimentos térreos industriais conduz à conclusão de que a nível nacional não encontramos nenhuma norma específica sobre o tema, constatando a existência de uma lacuna normativa. De entre a profusão de as normas europeias e internacionais existentes, o autor considera o documento técnico TR34 como uma das ferramentas mais completas para o dimensionamento e a execução de pavimentos, fornecendo toda a informação necessária para ir ao encontro das necessidades de cada cliente/utilizador. Seria vantajoso transpor a TR34 para a regulamentação nacional e criar um guia técnico adaptado ao mercado nacional.

## 4 TECNOLOGIA ADOTADA

### 4.1. SICCO

No decorrer desta dissertação de mestrado, o autor testará as vantagens de um software de apoio à execução e aplicação das fichas de controlo da conformidade (FCC). De fácil utilização, o referido software permite controlar as etapas a executar em obra e dessa forma identificar os pontos fortes e fracos do processo. Possibilitando o registo nas FCC de informação detalhada sobre a localização e momento das ações de fiscalização sobre determinada tarefa, assume também grande utilidade para o dono de obra.

#### 4.1.1. INTRODUÇÃO AO SOFTWARE

O software em questão prevê a inserção dos dados de identificação do projeto (tais como nome, referência e local) ao qual vão ser aplicadas as fichas de controlo da conformidade (Fig.4.3), bem como os dados referentes às entidades encarregadas das tarefas a executar (Fig.4.2). Elaboradas e carregadas previamente para o software com toda a informação necessária à realização de cada tarefa — incluindo o critério de controlo que vai ser efetuado essas fichas são armazenadas num banco de fichas, ordenadas por categoria, podendo ser apensadas ao projeto através do ícone “novo” que se encontra no canto superior direito. Esse ícone permite a inserção de ordens de serviço, pedidos de informação como também de não-conformidades (Fig.4.6). Fotografias, plantas, identificação de mão-de-obra dedicada à tarefa são outras tantas funcionalidades do software.



Fig. 4.1 – Acesso à plataforma

#### 4.1.2. PÁGINA INICIAL DO SOFTWARE



Fig. 4.2 – Fluxograma da página inicial do software

#### 4.1.3. NOVO PROJETO

O menu “novo projeto” permite inserir projetos no software, identificando-o pelo nome, referência, local e opcionalmente por uma imagem.

A imagem mostra a janela de diálogo 'NOVO PROJETO' com o seguinte layout: no topo, o título 'NOVO PROJETO' e um botão de fechar (X); abaixo, quatro campos de texto rotulados 'Nome do Projeto \*', 'Referência \*', 'Local \*' e 'Imagem'; o campo 'Imagem' inclui um ícone de documento e um botão 'Selecione'; na base, dois botões de ação: 'Submeter' (em azul) e 'Fechar' (em cinza).

Fig. 4.3 – Janela “novo projeto”

#### 4.1.4. MENU INICIAL DO PROJETO

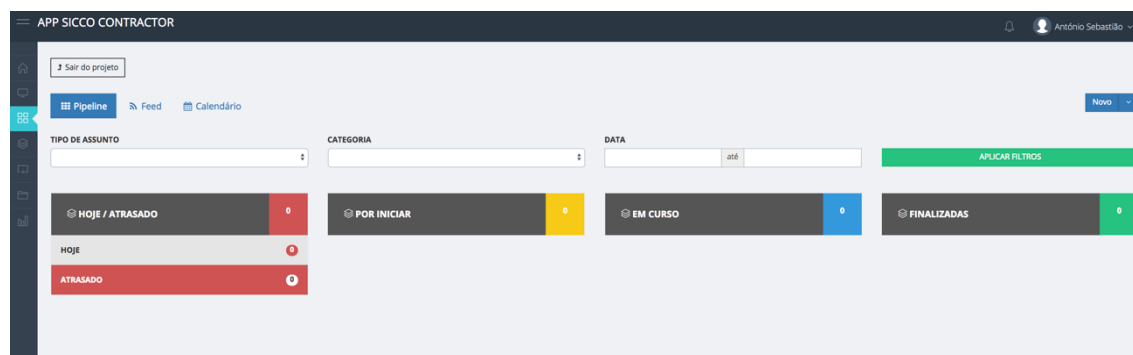


Fig. 4.4 – Menu inicial do projeto

Como se pode ver na figura 4.3, no menu inicial é inserida informação diversa relativa ao projeto. Na figura 4.4 podem-se ver as diferentes opções de tratamento da informação. No painel do projeto é necessário inserir a informação sobre o projeto, como o seu nome, localização e elementos, planta, utilizadores, entidades executantes, tarefas a executar, etc.

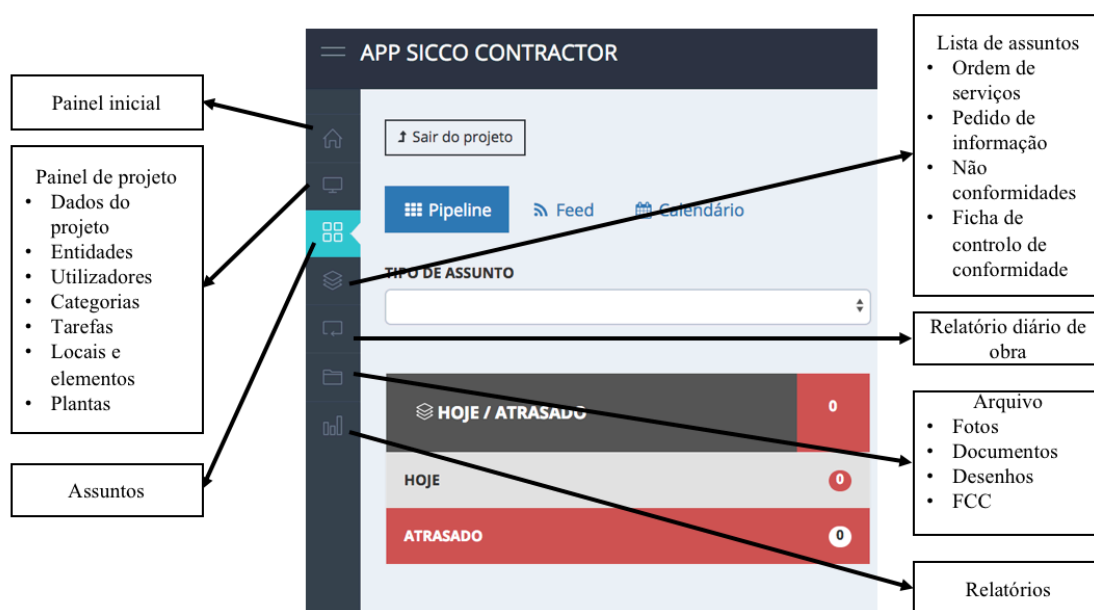


Fig. 4.5 – Fluxograma do menu do projeto

Na figura 4.5 podem-se ver as opções de inserir ordens de serviço, pedidos de informação, não-conformidades e fichas de controlo da conformidade (FCC). Este é um dos menus mais importantes do software permitindo organização da informação e ajuda na comunicação entre intervenientes.



Fig. 4.6 – Menu “novo”

A opção “ordem de serviço” permite inserir uma “checklist” de pontos de controlo, anexos e comentários que podem ser visualizados pelos intervenientes nas tarefas a controlar. É através deste tipo de ordem que o fiscal formaliza o trabalho a ser realizado, expandindo uma comunicação interna a respeito de uma atividade que tem de ser executada em conformidade. A ordem de serviço é em última análise uma lista de afazeres a serem desenvolvidos, incluindo o de autorizar o início dos trabalhos.

Fig. 4.7 – Ordem de serviço

A opção “pedido de informação” gera uma interpelação à entidade responsável sobre determinada tarefa de ponto de controlo, normalmente o projetista ou dono de obra.

Fig. 4.8 – Pedido de informação

Fig. 4.9 – Não-conformidade

A opção “não-conformidade” permite criar um alerta, identificar as medidas corretivas a adotar e acompanhar a respetiva execução, tornando toda essa informação disponível aos utilizadores responsáveis pela correta execução da tarefa.



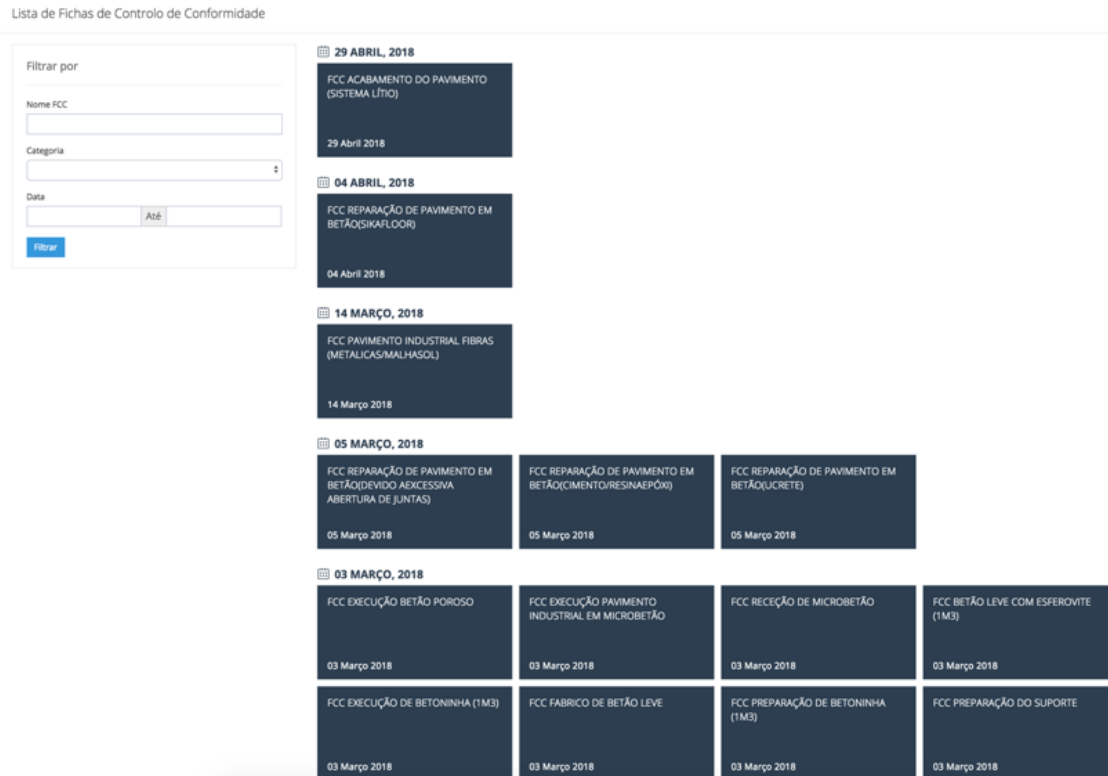


Fig. 4.10 – Banco de FCC

A opção “fichas de controlo da conformidade” reencaminha-nos para o banco de FCC, onde nos é dada a possibilidade de aceder a todas as fichas previamente inseridas no software.

Ordens de serviço, pedidos de informação, não-conformidades e FCC podem ser visualizados no “feed” ao longo da execução, permitindo, depois de concluída a tarefa, consultar o dia exato de início e fim da execução do controlo. Esta informação está disponível em 4 fases de execução:

- Por iniciar
- Em curso
- Em atraso
- Finalizada

Através das 4 fases é possível conhecer o estado da execução da tarefa.

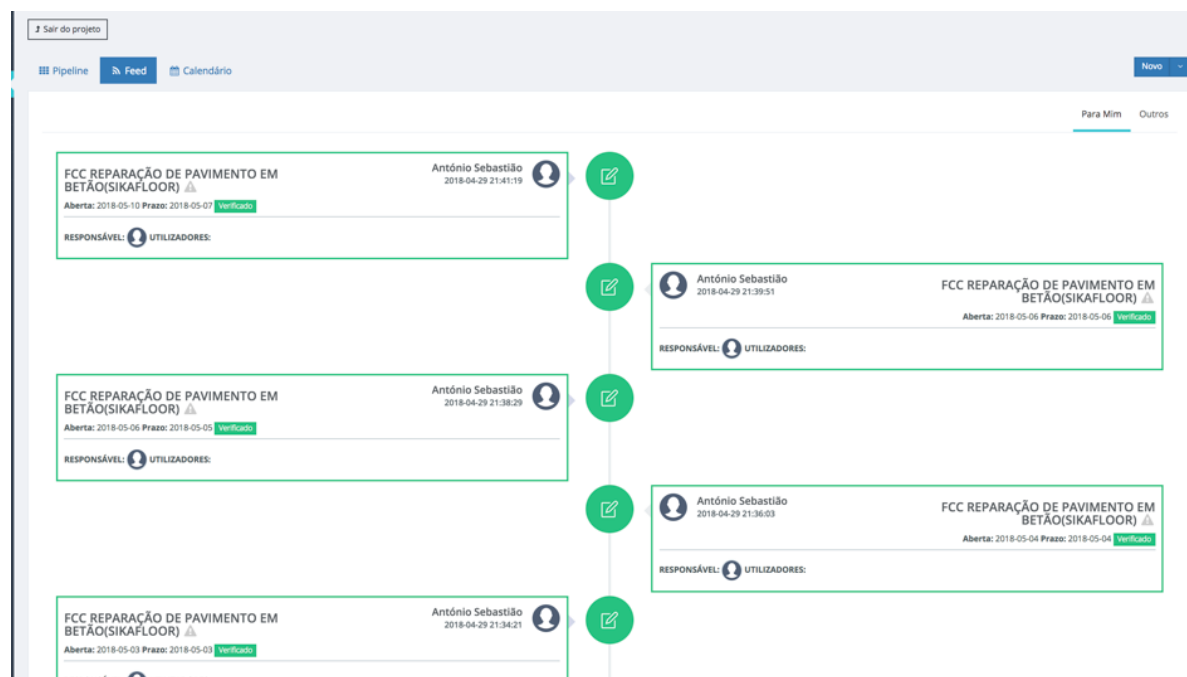


Fig. 4.11 – Feed

#### 4.1.5. REGISTO DIÁRIO DE OBRA (RDO)

O RDO é uma importante ferramenta administrativa de documentação sobre a obra, usada pelo construtor e o contratante para inserir observações, registar acontecimentos relevantes, alertar para atrasos e interferências, etc. Funciona como memória do que acontece na obra. A partir deste documento podem surgir pedidos de alteração nos serviços e contratos, notificações por incumprimento de normas de segurança no trabalho, entre outras. O software permite que essa informação fique registada em suporte informático acessível aos utilizadores credenciados.

A informação pode ser inserida através do “clik” no dia em que se pretende inserir a informação, o qual nos direciona para as várias opções de informação.

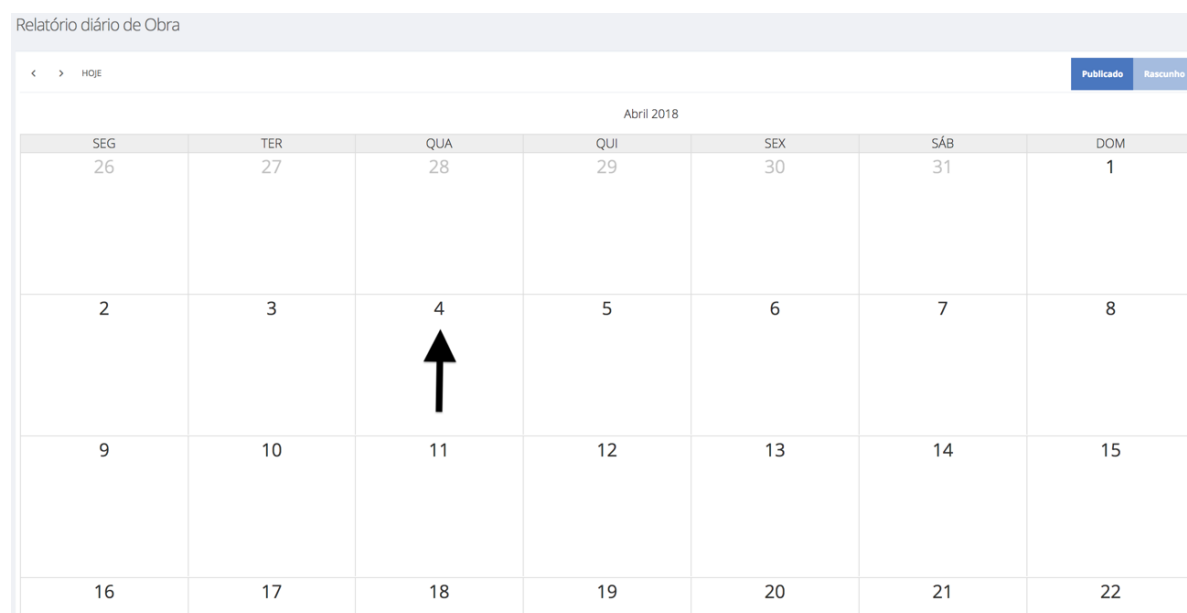


Fig. 4.12 – Calendário “RDO”

Relatório Diário de Obra

Quarta-feira, Abr. 04

GRAVAR RASCUNHO PUBLICAR

Calendário

Meteorologia

Mão de Obra

Equipamentos

Ocorrências

Observações e Documentos

Condições

Temperatura Máxima

Temperatura Mínima

Insira uma breve descrição do Tempo...

°C

°C

Visibilidade

Humidade

Vento

Precipitação

Km

%

kph

mm

Localização

Lote, R. António Ferreira da Silva 20, 4475-181 Maia

Gravar

Fig. 4.13 – Meteorologia

Relatório Diário de Obra

Quarta-feira, Abr. 04

GRAVAR RASCUNHO PUBLICAR

Calendário

Meteorologia

Mão de Obra

Equipamentos

Ocorrências

Observações e Documentos

ENTIDADES

Nº total de entidades

0

TRABALHADORES

Nº total de trabalhadores

0

TAREFAS

Nº total de tarefas

0

Adicionar Entidade

Fig. 4.14 – Mão-de-obra

Relatório Diário de Obra

Quarta-feira, Abr. 04

GRAVAR RASCUNHO PUBLICAR

Calendário

Meteorologia

Mão de Obra

Equipamentos

Ocorrências

Observações e Documentos

NOME	QUANTIDADE	Nº HORAS	CUSTO/H	CUSTO TOTAL

Fig. 4.15 – Equipamentos

Relatório Diário de Obra

Quarta-feira, Abr. 04

GRAVAR RASCUNHO PUBLICAR

Calendário

Meteorologia

Mão de Obra

Equipamentos

Ocorrências

Observações e Documentos

Ocorrências

Tipo de Ocorrência Observações

+ Adicionar

Ocorrências Automáticas

Registo Fotográfico

Fig. 4.16 – Ocorrências

Relatório Diário de Obra

Quarta-feira, Abr. 04

GRAVAR RASCUNHO PUBLICAR

Calendário

Meteorologia

Mão de Obra

Equipamentos

Ocorrências

Observações e Documentos

Observações

Pode preencher este campo com as observações que pretender

Gravar

Documentos

Carregar

Fig. 4.17 – Observações e documentos

#### 4.1.6. ARQUIVO

É nesta opção que se pode encontrar toda a informação inserida no projeto, como fotos, documentos, desenhos e FCC.

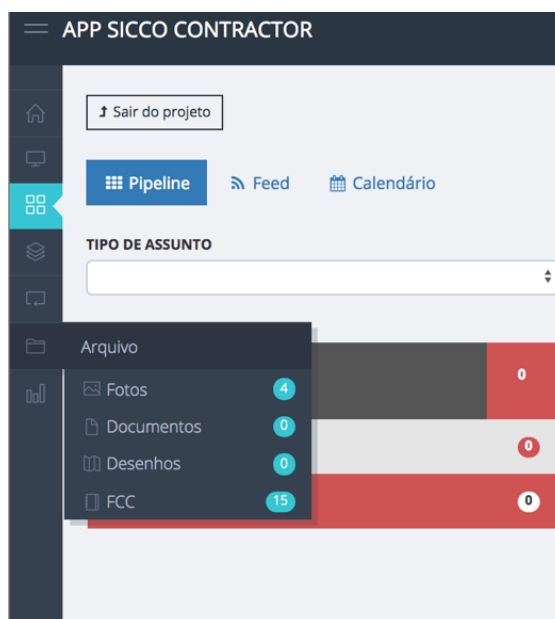


Fig. 4.18 – Arquivo

## 4.2. FCC EM DETALHE

De forma a familiarizar aplicação das FCC, na figura 4.19 pode-se visualizar aplicação pratica de uma FCC de receção de betão, que é constituída por:

- Pontos de controlo – constitui os procedimentos a controlar;
- Inspeção – consiste na forma como o controlo se executa;
- Critério – o modelo de controlo a realizar;
- Registo – se está conforme, não conforme ou não é aplicável;
- Observação – informação em falta/complementar ao critério;
- Título – designação da FCC;
- Localização – local da aplicação;
- Tipo de elemento – elemento construtivo;
- Elementos – no caso de haver mais do que 1 elemento;
- Prazo – prazo destinado à execução;
- Entidade executante – entidade responsável por executar o trabalho;
- Tarefa – processo construtivo ao qual a FCC se reserva;
- Utilizadores – intervenientes no processo;
- Prioridade
- Anexo – inserir documentos e fotografias.
- Gravar

FCC - FCC RECEÇÃO DE BETÃO PAVIMENTO INDUSTRIAL (FIBRAS)

Pré Definição

# PONTO DE CONTROLO	INSPEÇÃO	CRITÉRIO	PAVIMENTO ZONA 4
#1 USO DE EPI'S	VISUAL		<div>Registo</div> <div>Observações</div>
#2 VERIFICAÇÃO DA CHEGADA DO CAMIÃO	VISUAL		<div>Registo</div> <div>Observações</div>
#3 CLASSE DE RESISTÊNCIA	VISUAL	CLASSE DE RESISTÊNCIA MÍNIMA DE C 20/25, DE ACORDO COM O DEFENIDO EM PROJETO	<div>Registo</div> <div>betão C25/30, S3</div>
#4 CONSTITUIÇÃO DO BETÃO	VISUAL	FIBRAS METÁLICAS SERÃO INCORPORADAS NO BETÃO NA CENTRAL	<div>Registo</div> <div>fibras metálicas numa dosagem de 20kg/m3</div>
#5 RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO	VISUAL	CIMENTO (A/C) NUNCA DEVERÁ SER SUPERIOR A 0,55	<div>Registo</div> <div>Observações</div>
#6 COMPOSIÇÃO DE FINOS	VISUAL	BETÃO QUE NÃO CONTENHA "FINOS" EM EXCESSO, CASO CONTRÁRIO ESTES SERÃO DEPOSITADOS À SUPERFÍCIE POR SEREM MAIS LEVES, FORMANDO UMA PELÍCULA QUE DIFICULTA A ADERÊNCIA DO ENDURECEDOR DE SUPERFÍCIE	<div>Registo</div> <div>Observações</div>

Título

FCC RECEÇÃO DE BETÃO PAVIMENTO INI

Localização

Pavilhão industrial > Zona 4 > Z

Tipo de Elemento

Elementos

Pavimento Zona 4

Prazo

2018-03-15

Entidade Executante

Pavieste execução técnica de pavime

Categoria

RECEÇÃO DO BETÃO

Tarefa

Utilizadores

#7 LAVAGEM DO RECIPIENTE PARA RECOLHER AMOSTRA	VISUAL		Registo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	<input type="checkbox"/>	Observações
#8 RECOLHA DA AMOSTRA	VISUAL		Registo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	<input type="checkbox"/>	Observações
#9 ENSAIO DE ABAIXAMENTO DO BETÃO	VISUAL	CLASSE DE ABAIXAMENTO (SLAMP) SERÁ POR VOLTA DOS 14,00.	Registo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	<input type="checkbox"/>	Observações
#10 ENCHIMENTO DO CUBO	VISUAL	DE ACORDO COM DEFINIDO NO PROJECTO	Registo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	<input type="checkbox"/>	Observações
#11 VIBRAÇÃO DO CUBO	VISUAL	DE ACORDO COM DEFINIDO NO PROJECTO	Registo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	<input type="checkbox"/>	Observações
#12 RECOLHA DO CUBO	VISUAL	PELA EMPRESA FORNECEDORA DO BETÃO	Registo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	N/A	<input type="checkbox"/>	Observações

Anexos % Anexos

Marcar Localização

Normal

Prioridade

Gravar

Fig. 4.19 – FCC em detalhe



# 5

## CASOS DE ESTUDO E TECNOLOGIA CONSTRUTIVOS

### 5.1. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

A Pavieste é uma empresa cuja principal atividade é a execução de pavimentos industriais.

Fundada em 1995, além da sede no Porto, a Pavieste tem escritórios em Lisboa e nos Açores, conseguindo assim cobrir todo o território nacional. Emprega atualmente cerca de 150 trabalhadores. [33]

#### 5.1.1. SERVIÇOS DA EMPRESA

O reforço dos pavimentos industriais com a incorporação de fibras metálicas — que conferem uma distribuição tridimensional, transformando o pavimento num composto uniforme com igual comportamento em todas as direções —, em substituição da malhasol, é uma das principais apostas da Pavieste. As soluções propostas pela empresa incluem:

- pavimentos industriais em betão,
- betão leve,
- betonilha,
- pavimentos impressos ou betão marcado,
- pavimento em betão leve,
- pavimento em betão poroso,
- auto-nivelante de base cimentícia,
- auto-nivelantes epóxis e/ou poliuretanos,
- pintura slurry,
- pavimento betão novo/velho polido seco,
- microterrazo,
- reparação de pavimentos degradados. [33]

### 5.2. CASOS DE ESTUDO

No decorrer do desenvolvimento da dissertação e com apoio da empresa, o autor aplicou as FCC a dez casos de estudo. Na figura 5.1 podem ver-se a localização dos diversos casos e as respetivas designações. No quadro 5.1, que pode ser visto como a legenda da figura 5.1, encontra-se um breve esclarecimento sobre cada caso de estudo. A informação recolhida das FCC aplicadas nos casos de estudo encontra-se tratada no capítulo 6.



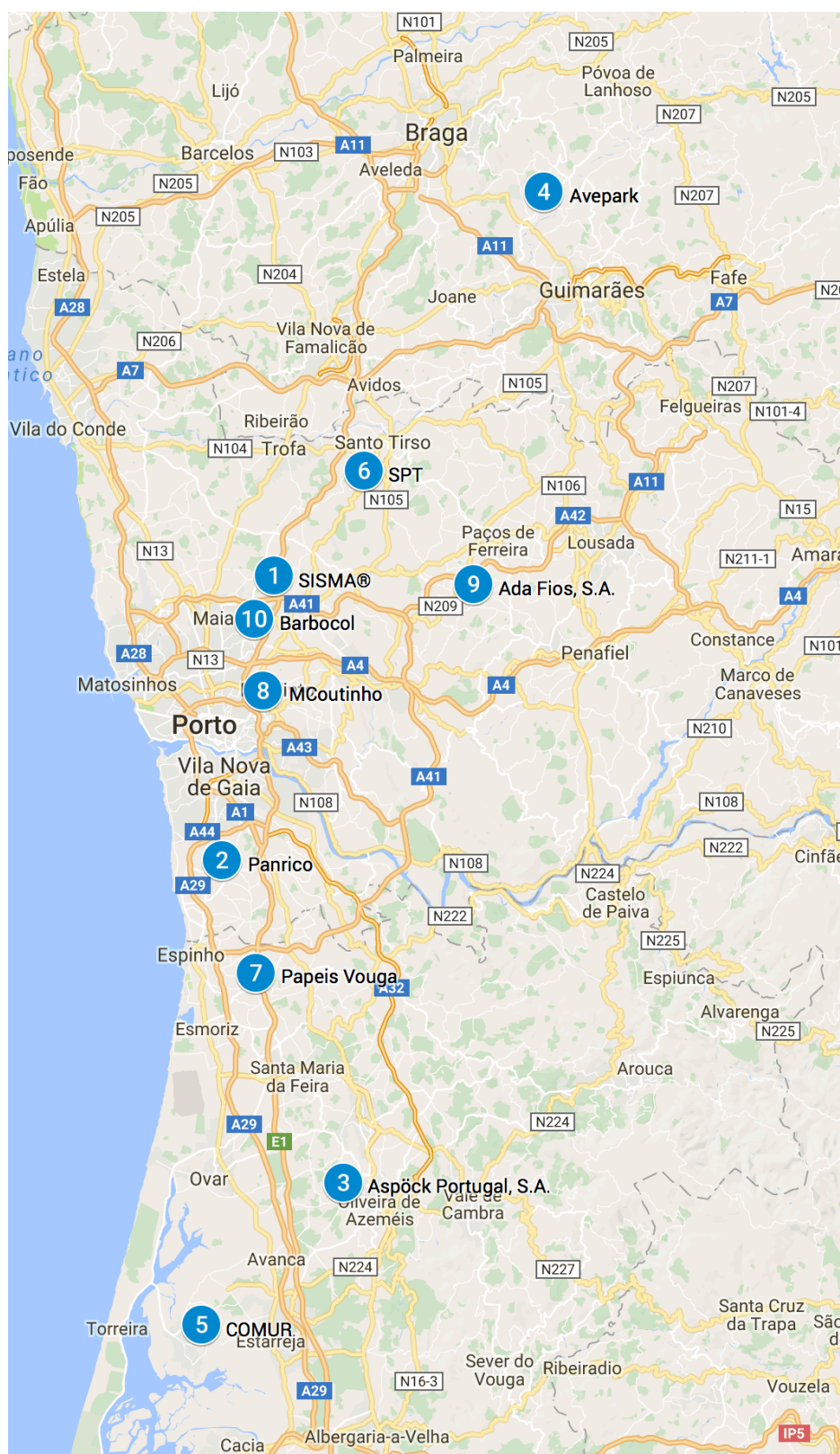


Fig. 5.1 – Localização geográfica dos casos de estudo

Quadro 5.1 – Legenda da figura 5.1

Caso de estudo	Área de intervenção	Tipo de pavimento	Nº de FCC	Nº de não-conformidades
1- Sisma	2.981,42 m <sup>2</sup>	Pavimento industrial em betão / revestimento epóxi	22	4
2- Panrico	1.600,00 m <sup>2</sup>	Pavimento industrial em betão (150 m <sup>2</sup> ), Sistema litium (1.450 m <sup>2</sup> )	17	4
3- Aspock	50,00 m	Reparação de juntas	2	0
4- Avepark	800,00 m <sup>2</sup>	Regularização com aplicação de barramento em argamassa	3	1
5- Comur	1.000,00 m <sup>2</sup>	Sistema de revestimento tipo UCRETE	3	1
6- SPT	650,00 m <sup>2</sup>	Sistema litium	5	0
7- Papéis Vouga	450,00 m <sup>2</sup>	Aplicação de barramento e pintura epóxi de alta	9	3
8- Mcoutinho	500,00 m <sup>2</sup>	Aplicação de barramento e pintura epóxi de alta	4	1
9- ADA	250,00 m <sup>2</sup>	Sistema de revestimento tipo UCRETE	2	2
10- Barbocol	165,00 m <sup>2</sup>	Revestimento atualizante	2	0

### 5.3. TECNOLOGIA CONSTRUTIVA

#### 5.3.1. CONSTITUIÇÃO DOS PAVIMENTOS TÉRREOS INDUSTRIAIS CORRENTES

Os pavimentos térreos industriais devem ser concebidos e dimensionados tendo em conta, entre outros, requisitos estruturais como a resistência aos esforços causados pelas cargas aplicadas sobre estes elementos, e a interação entre a laje e os materiais de suporte. Esta interação é fundamental para o funcionamento adequado de todo o sistema de pavimento, e implicitamente para as operações que se desenvolvem na respetiva atividade industrial. [34]

Um pavimento térreo industrial (figura 5.2) é constituído por um conjunto de multicamadas sobre uma plataforma de suporte com a seguinte designação:

- subleito de fundação;
- sub-base e base;
- barreira para vapor;
- laje de betão;
- superfície de proteção ou desgaste.

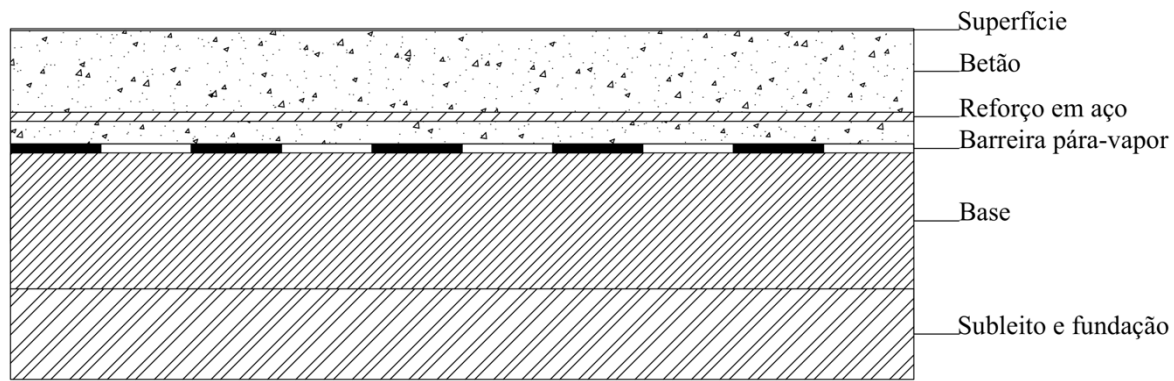


Fig. 5.2 – Corte ilustrativo de um pavimento térreo [adaptado 34]

#### 5.3.1.1. Subleito de fundação

O subleito de fundação corresponde à camada de suporte do pavimento, pelo que tem de a resistência adequada ao uso definido para o pavimento em questão. Existem vários ensaios laboratoriais ou in-situ que nos dão informações sobre a resistência do subleito.

#### 5.3.1.2. Sub-base e base

Esta camada confere ao pavimento a resistência mecânica necessária para suportar as cargas verticais induzidas ao pavimento, garantindo uma plataforma o mais plana possível para a execução da laje de betão. Os materiais utilizados nesta camada repartem as pressões sobre a plataforma de forma a manter as deformações ao nível dos limites admissíveis. Estas camadas são normalmente constituídas por materiais granulares, como agregados de granulometria extensa, brita ou pela mistura de materiais granulares com cimento. [35,36,37]

#### 5.3.1.3. Barreira pára-vapor

A colocação da barreira pára-vapor (Fig.5.3) tem como objetivo criar uma barreira entre a sub-base e base e a laje de betão, permitindo que betão trabalhe em toda a sua dimensão sem impedimento. A barreira pára-vapor também tem a função de prevenir a ocorrência de humidade ascensional (patologia muito corrente em pavimentos industriais) e evitar a perda de água durante a betonagem que favorece o processo de cura do betão. Normalmente são colocadas duas camadas deste material.



Fig. 5.3 – Camada geotêxtil (barreira pára-vapor)

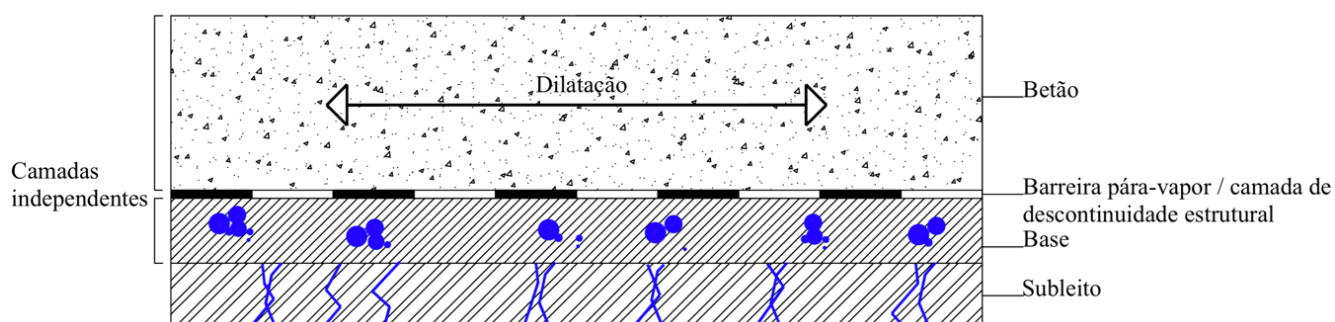


Fig. 5.4 – Pormenor construtivo [adaptado 34]

#### 5.3.1.4. Laje de betão

Por ser a superfície que suporta todas as ações mecânicas a que o pavimento está submetido, a laje de betão é o elemento principal (Fig. 5.5), sendo geralmente reforçada com armadura convencional ou outro tipo de reforço. Além disso, é responsável pela ancoragem do revestimento. A constituição da laje pode ser betão simples, betão armado ou betão com armadura de pré-esforço. [34]



Fig. 5.5 – Laje de betão em construção

#### 5.3.1.5. Superfície de proteção e desgaste

A última camada do pavimento é uma das mais importantes, pois é a parte visível do pavimento que nos dá a resistência física ao choque e o conforto ao utilizador. Esta superfície deve apresentar as seguintes características: [38,39]

- resistência química;
- resistência ao impacto;
- resistência térmica;
- resistência ao escorregamento;
- resistência ao fogo;
- resistência a radiações UV;
- manutenção e limpeza simples e pouco dispendiosas.

### 5.4. TIPOS DE PAVIMENTOS TÉRREOS INDUSTRIAIS

#### 5.4.1. CLASSIFICAÇÃO DE ACORDO COM A ANAPRE

A ANAPRE (Associação Nacional de Pisos e Revestimentos de Alto Desempenho) classifica os pavimentos de acordo com a respetiva utilização, dividindo-os em 4 classes, consoante se trata de áreas industriais, áreas de armazenamento, áreas de estacionamento ou pavimentos comerciais: [40]

Áreas industriais:

- O piso deve ser considerado como equipamento para produção.
- Recebem ação de equipamentos diretamente apoiados ou contornam as bases com fundações profundas.
- Exigem cuidados especiais em fase de projeto, incluindo a consideração de linhas dinâmicas de produção, capazes de acomodar mudanças de layout em função da instalação de novos equipamentos.
- Larga utilização de RAD, proteção contra agentes agressivos, facilidade de manutenção (limpeza e higienização), aspetos estéticos e sinalização para controlo de fluxos.

Áreas de armazenamento:



- O pavimento deve ser considerado como equipamento para produção, uma vez que influencia diretamente a produtividade dos centros de distribuição.
- É indicada a adoção de sistemas com quantidade reduzida de juntas, com placas de grandes dimensões, como, por exemplo, lajes de betão armado convencional, com fibras ou pós-tensionado para assim evitar patologias nas juntas.
- Aplicação de endurecedores de superfície, minerais ou metálicas são indicados para garantir a elevada resistência superficial para responder à grande solicitação de esforços abrasivos.

#### Áreas de estacionamento

- Melhor durabilidade e resistência ao desgaste, aos ataques químicos de combustíveis, óleos e lubrificantes, e menor custo de manutenção.
- Melhor logística de execução em áreas fechadas e subsolos, uma vez que utiliza equipamentos reduzidos.

#### Pavimentos comerciais:

- Permite flexibilidade como elemento da fundação de paredes e mezaninos.
- Utilizado como acabamento decorativo, poder ser trabalhado com pigmentações diversas e sistemas de lapidação que garantem aspeto vítreo à superfície.

### 5.4.2. CLASSIFICAÇÃO QUANTO AO REFORÇO ESTRUTURAL

#### 5.4.2.1. Laje de betão simples

Este tipo de pavimento térreo é composto por uma laje de betão simples sem qualquer tipo de armadura (Fig. 5.6). É recorrente utilizá-lo quando o pavimento em causa não vai estar submetido a cargas elevadas nem sujeito a grande desgaste. Neste tipo de pavimento, os esforços transmitidos são absorvidos apenas pela camada de betão, circunstância de que decorre a necessidade de dotar o pavimento de uma espessura elevada com o objetivo de corrigir a baixa resistência do betão aos esforços de tração. As placas de betão têm de ser de pequena dimensão, o que por seu turno exige um número elevado de juntas para minimizar o risco de fissuração das placas de betão. Neste tipo de pavimento normalmente colocam-se barras de transferência de carga para permitir a transferência de esforços entre placas. O pavimento em betão simples é normalmente usado em locais onde a grande quantidade de juntas não prejudica a vida útil do pavimento nem a sua utilização. [40]

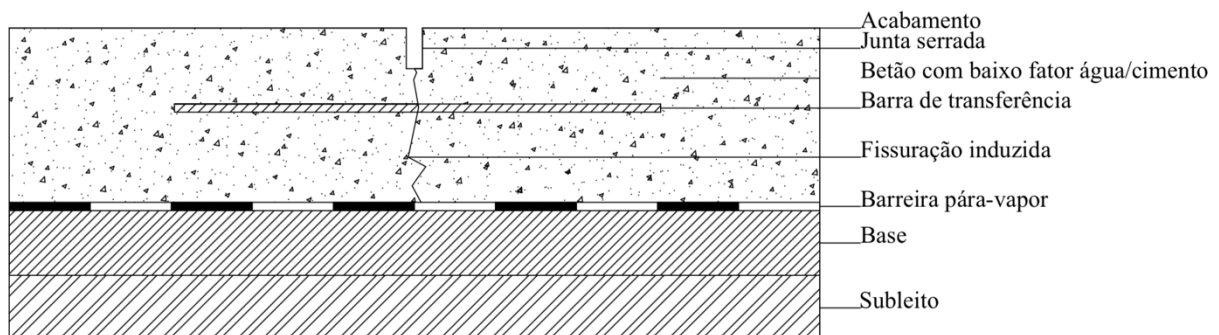


Fig. 5.6 – Pavimento de betão simples com barra de transferência [adaptado 34]

#### 5.4.2.2. Laje de betão armado com armadura convencional ou malha eletrossoldada

Estes tipos de pavimento com armadura distribuída são compostos por uma camada de betão e uma ou duas camadas de armadura convencional ou malha eletrossoldada (Fig. 5.7 e Fig. 5.8). Aumentando a resistência do pavimento à fissuração, a armadura permite reduzir o número de juntas em comparação com os pavimentos em betão simples. As malhas devem ser colocadas de forma a garantir uma espessura

mínima de recobrimento apropriada ao uso espetável. O pavimento em betão com armadura distribuída contínua deve apresentar interrupções nas armaduras nas zonas onde vão ser executadas as juntas no pavimento para controlo da fissuração causada pela retração e dilatação do betão. [40]

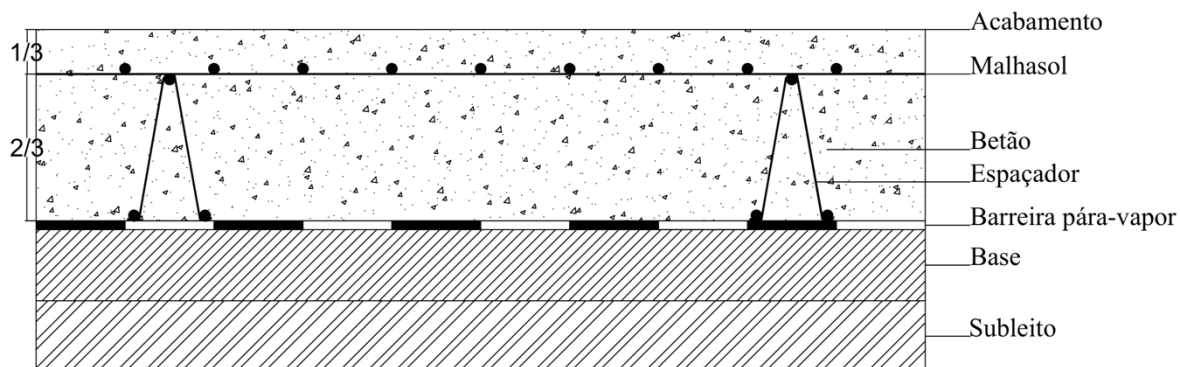


Fig. 5.7 – Pavimento de betão com armadura distribuída contínua [adaptado 34]

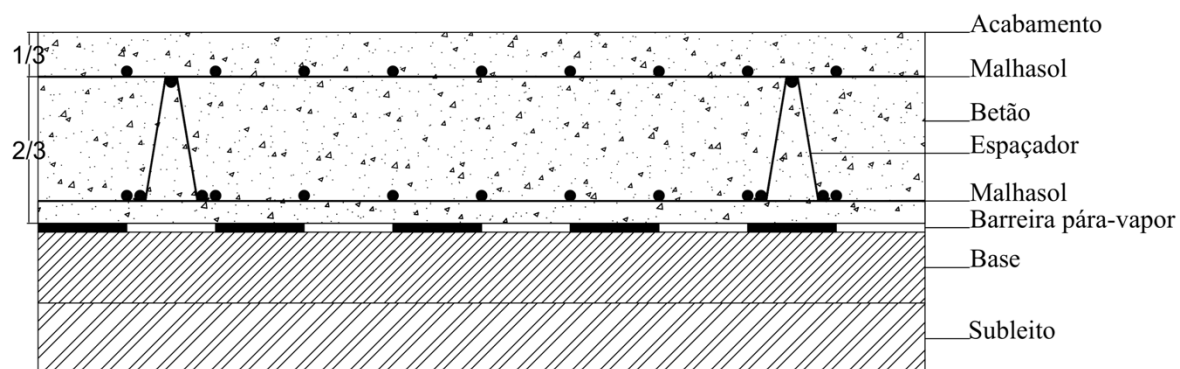


Fig. 5.8 – Pavimento de betão estruturalmente armado [adaptado 34]

#### 5.4.2.3. Laje de betão com fibras

Executada na central de betão ou na obra, a adição de fibras diretamente na mistura, de acordo com o definido em projeto (Fig. 5.9), dispensa em regra a colocação de armadura distribuída, embora nalguns casos, por questões de segurança, ela seja colocada.

Com a adição de fibras, o betão adquire características vantajosas em comparação com os outros tipos:

- aumento do módulo de deformação,
- resistência aos esforços de tração,
- reduzidos índices de fissuração dos pavimentos,
- elevado índice de ductilidade,
- boa capacidade de redistribuição de esforços,
- reduzido número de juntas.

Existem vários tipos de fibras que podem ser sintéticas e orgânicas (polipropileno ou carbono), sintéticas e inorgânicas (aço ou vidro), naturais e orgânicas (celulose) e naturais e inorgânicas (asbesto ou amianto). [40]

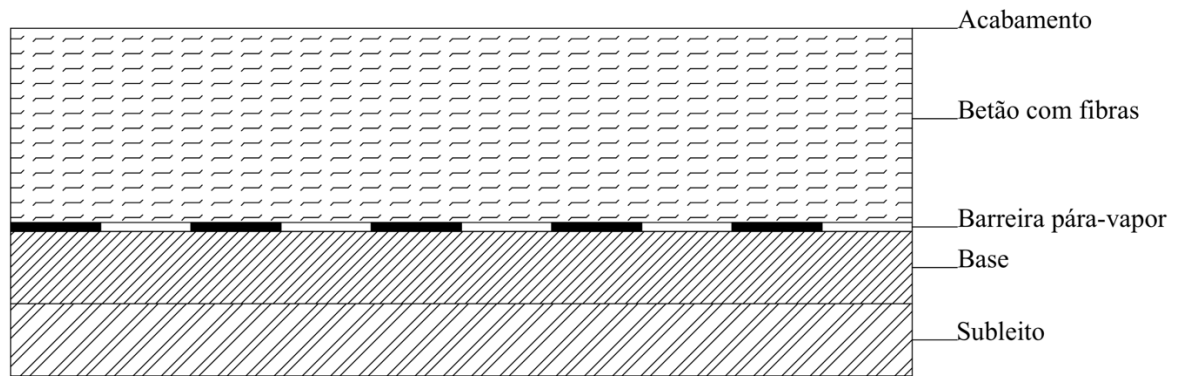


Fig.5.9 – Pavimento de betão reforçado com fibras [adaptado 34]

#### 5.4.2.4. Tipos de juntas

As juntas no pavimento são dispositivos destinados a criar uma descontinuidade estrutural entre placas de betão com vista a controlar a fissuração transversal e longitudinal do pavimento em betão. As juntas permitem dividir o pavimento em painéis de menor dimensão e separar os elementos verticais como pilares e paredes; asseguram também a transferência de carga entre elementos. Os pavimentos industriais apresentam 4 tipos de juntas:

- junta de construção,
- junta serrada,
- junta de dessolidarização,
- junta de dilatação.

##### 5.4.2.4.1. Juntas de construção

Este tipo de junta (Fig. 5.10) visa criar um mecanismo de transferência de cargas entre pavimentos que são executados em diferentes momentos por motivos de interrupção do processo construtivo, através de encaixe macho-fêmea com objetivo de permitir a trabalhabilidade do pavimento.



Fig. 5.10 – Junta de construção



#### 5.4.2.4.2. Juntas serradas

São juntas transversais de retração serradas (Fig. 5.11 e Fig. 5.12) através de meios mecânicos, com a função de conduzir a localização da fissuração ao plano destas juntas, que separam a laje de betão em painéis de áreas similares [40]. Procede-se também a serragem de juntas junto aos pilares e caixas.



Fig. 5.11 – Junta serrada

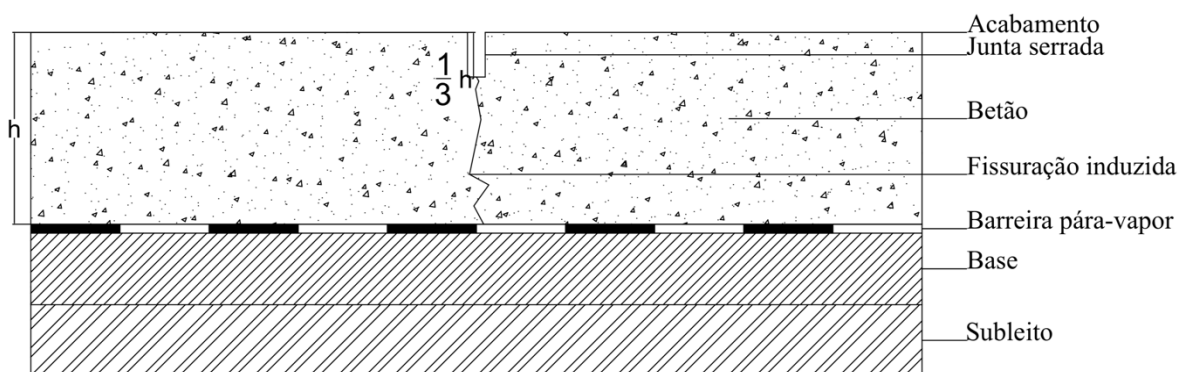


Fig. 5.12. – Esquema de junta serrada [adaptado 34]

#### 5.4.2.4.3. Juntas de dessolidarização

Visam possibilitar a movimentação sem restrições do pavimento entre os elementos verticais. Normalmente utiliza-se fita mousse para permitir a criação dessa descontinuidade entre os elementos verticais e horizontais (Fig. 5.13 e Fig. 5.14).



Fig. 5.13 – Junta de dessolidarização

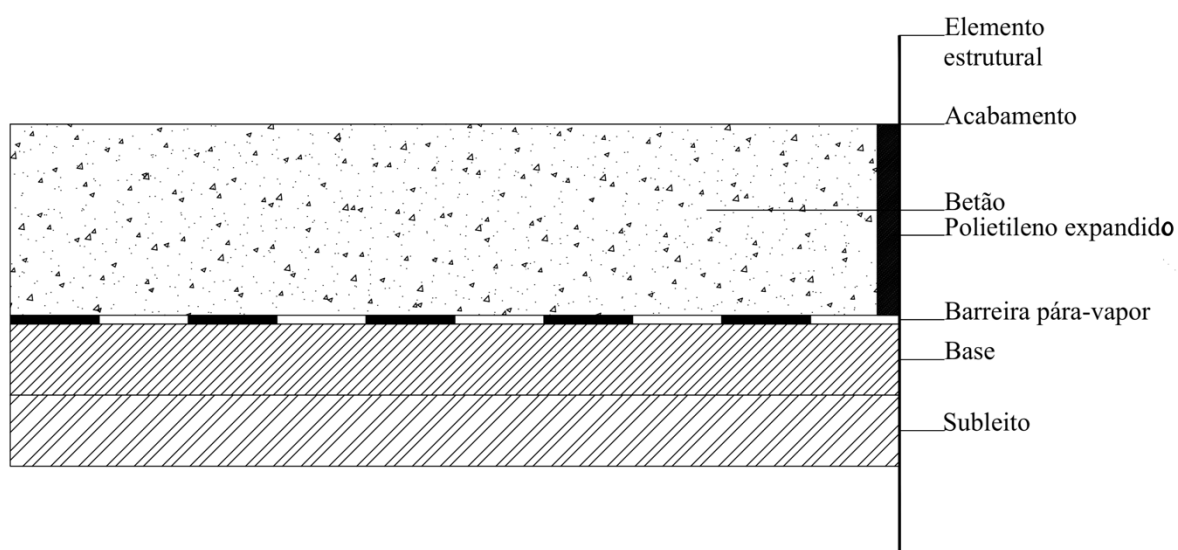


Fig. 5.14 – Esquema de junta de dessolidarização [adaptado 34]

#### 5.4.2.4.4. Juntas de dilatação

A junta de dilatação (Fig. 5.15) destina-se a criar uma barreira física entre os diferentes pavimentos, através de um material elástico, que permite que o pavimento trabalhe devido a variação de temperatura e humidade do meio ambiente.

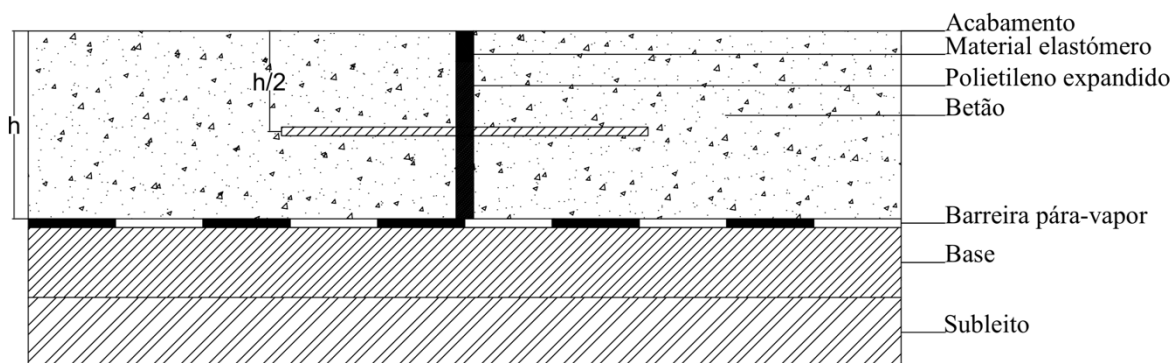


Fig. 5.15 – Esquema de junta de dilatação [adaptado 34]

## 5.5.REVESTIMENTOS

No decurso da análise de casos de estudo no âmbito desta dissertação de mestrado, o autor deparou-se com dois tipos de revestimento, um do tipo mineral e outro sintético.

O revestimento mineral utilizado foi a argamassa autonivelante que, como o próprio nome indica, tem a capacidade autonivelante que proporciona a execução de pavimentos contínuos com uma elevada resistência superficial.

No revestimento sintético foram utilizadas as resinas epóxicas, que podem ser de textura lisa ou antiderrapante. A vantagem das lisas reside no facto de proporcionarem superfícies contínuas, aglutinantes de poeiras, na sua resistência a óleos e combustíveis, no custo economicamente favorável, na rapidez e facilidade da sua aplicação e na simplicidade da sua manutenção. A elevada resistência mecânica e química, a segurança que proporcionam, a reduzida espessura, a aplicação fácil e rápida e a resistência a choques térmicos moderados são os pontos fortes das antiderrapantes.

Os revestimentos têm três exigências funcionais, a saber:

- segurança, isto é, a capacidade de assegurar a integridade física dos utilizadores;
- habitabilidade, isto é, a capacidade de proporcionar condições de conforto aos utilizadores; e
- durabilidade, isto é, a manutenção da qualidade ao longo do tempo.

## 5.6.PATOLOGIAS EM PAVIMENTOS TÉRREOS INDUSTRIAIS

As patologias nos pavimentos térreos industriais estão normalmente associadas a falhas no projeto e na execução dos trabalhos. Frequentes vezes, fica a dever-se a um erro de dimensionamento em relação à utilização a que se destina, do qual resultam consequências graves para o desenvolvimento das operações industriais — aumento dos custos de manutenção dos equipamentos, redução da produção e até mesmo restrições da utilização do pavimento. Nalguns casos, em que o processo de reabilitação do pavimento se torna demasiado dispendioso e repetitivo, pode obrigar à demolição do pavimento existente e à execução de um novo pavimento. O controlo da conformidade aquando da execução do pavimento é a via mais segura para evitar essas situações. [40]

Resolver ou pelo menos atenuar eficazmente os efeitos das patologias passa, em primeiro lugar, pela identificação e classificação da patologia em causa. Os principais agentes que aceleram a deterioração dos pavimentos são a atuação de subcargas, os impactos mecânicos, o uso de equipamentos com rodas de aço, a operação imprópria de equipamento, a falta de manutenção. [40]

As patologias mais frequentes associadas aos pavimentos térreos industriais são:

- delaminação,

- desgaste superficial / humidade ascensional,
- manchas,
- destacamento do betão / fissuração,
- formação de bolhas,
- descolamento da camada superficial, e
- falta de nivelamento. [35]

No caso dos pavimentos térreos industriais com acabamento à base de resinas epóxi, as patologias que ocorrem com maior frequência são:

- descolamento,
- empolamento da superfície,
- fissuração,
- manchas,
- desgaste da superfície,
- falta de planimetria,
- bolhas osmóticas, e
- descoloração. [35]

A zona das juntas é uma zona sensível do pavimento e por isso é um dos locais mais propícios ao aparecimento de patologias, tais como:

- aparecimento de eflorescências,
- descolamento nos elementos de ligação,
- alteração de cor,
- aparecimento de organismos vegetais. [35]



# 6

## **METODOLOGIA PROPOSTA DE CONTROLO DA CONFORMIDADE RECORRENDO AO SISTEMA INFORMÁTICO SICCO**

### **6.1. OBJETIVOS**

Neste capítulo pretende-se demonstrar o trabalho realizado em ambiente empresarial. O capítulo encontra-se dividido em duas partes. Na primeira, o autor começa por apresentar as fichas de controlo das conformidades (FCC) por si elaboradas, as ações de controlo da conformidade executadas e os resultados obtidos. Na segunda, pronuncia-se sobre esses resultados e analisa o software SICCO.

### **6.2. ELABORAÇÃO DE FICHAS DE CONTROLO DA CONFORMIDADE**

No decurso da dissertação, o autor elaborou 31 FCC destinadas a testar a conformidade dos trabalhos da empresa. O apertado prazo para a realização desse trabalho inviabilizou a aplicação da totalidade das FCC. A figura 6.1 ilustra uma FCC de reparação de betão, encontrando-se as restantes em anexo e em suporte digital. No capítulo 4 na página 32 o autor demonstra em detalhe os campos de uma FCC com objetivo de familiarizar o leitor para constituição da ficha.

Informações Gerais

Editar

Nome FCC  
FCC REPARAÇÃO DE PAVIMENTO EM BETÃO(UCRETE)

Categoria  
REPARAÇÃO DE PAVIMENTO BETÃO

Pontos de Controlo

+ Ponto de Controlo



















#	NOME DO PONTO DE CONTROLO	INSPEÇÃO	CRITÉRIO	NÍVEL DE CONTROLO	TIPOLOGIA
1	ISOLAMENTO DA ZONA	VISUAL	COLOCAÇÃO DE FITA ISOLADORA E PLÁSTICOS NAS PORTAS, JANELAS E EM OUTROS ELEMENTOS	1	 
2	PREPARAÇÃO MECÂNICA DA BASE	VISUAL	LIXAGEM ATRAVÉS DA MÁQUINA HTC "FRESAGEM"	1	 
3	ABERTURA DE RASGOS	VISUAL	AO LONGO DA BORDA DA GRELHA	1	 
4	ABERTURA DE RASGOS	VISUAL	10 CM AFASTADO DA BORDA DA GRELHA ( AO LONGO DA GRELHA COMO ANTERIOR)	1	 
5	ZONA DE FISSURAS	VISUAL	LIMPEZA DA FISSURA E ANCORAGEM 10 CM DE CADA LADO (ABERTURA DE RASGO)	1	 
6	LIMPEZA	VISUAL	LIMPEZA O MAIS CUIDADA POSSÍVEL POR FORMA A ELIMINAR TODAS AS PARTÍCULAS DESAGREGADAS ,	1	 
7	REGAR O BETÃO	VISUAL	ATÉ À SATURAÇÃO	1	 
8	APLICAÇÃO DE PRIMÁRIO	VISUAL	BASEADO NA TECNOLOGIA DOS POLIURETANOS, ISENTOS DE SOLVENTES TIPO "PRIMER SC"	1	 
9	APLICAÇÃO DE RESINA	VISUAL	APLICAÇÃO DE CAMADA DE RESINA BASE DE POLIURETANO-CIMENTO "UCRETE MT"	1	 

Fig. 6.1 – Exemplo de uma FCC de reparação

### 6.2.1. FICHAS DE CONTROLO DE PREPARAÇÃO DO PAVIMENTO

Foram elaboradas duas fichas de controlo com o objetivo de preparar a base para os trabalhos a realizar no campo das aplicações de betão e revestimentos. As FCC podem ser consultadas no anexo.

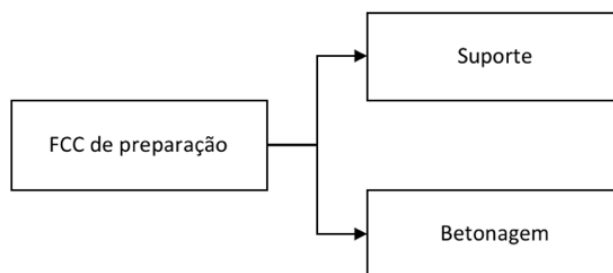


Fig. 6.2 – FCC de preparação

#### 6.2.2.FICHAS DE CONTROLO DE FABRICO DOS COMPONENTES

Para monitorizar o fabrico dos materiais e com base na informação recolhida na empresa, o autor criou três fichas de controlo. As FCC podem ser consultadas no anexo.

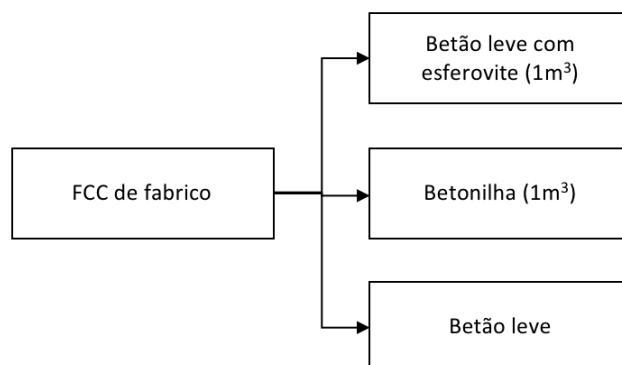


Fig. 6.3 – FCC de fabrico

#### 6.2.3.FICHAS DE CONTROLO DE RECEÇÃO DE BETÃO

Para conferir se o material se encontra em conformidade com o pretendido, foram criadas duas fichas de receção de betão. As FCC podem ser consultadas no Anexo.

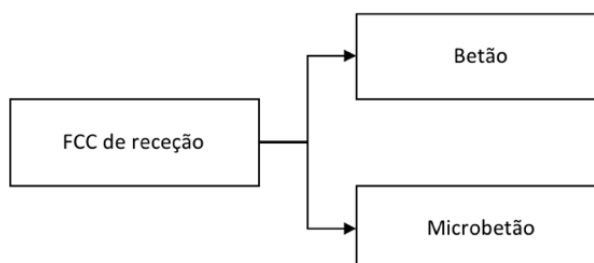


Fig. 6.4 – FCC de receção

#### 6.2.4. FICHAS DE CONTROLO DE EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS EM BETÃO



Com base em informação fornecida pela empresa e na investigação bibliográfica por si levada a cabo, o autor elaborou sete FCC de execução de pavimentos, que podem ser consultadas no anexo.

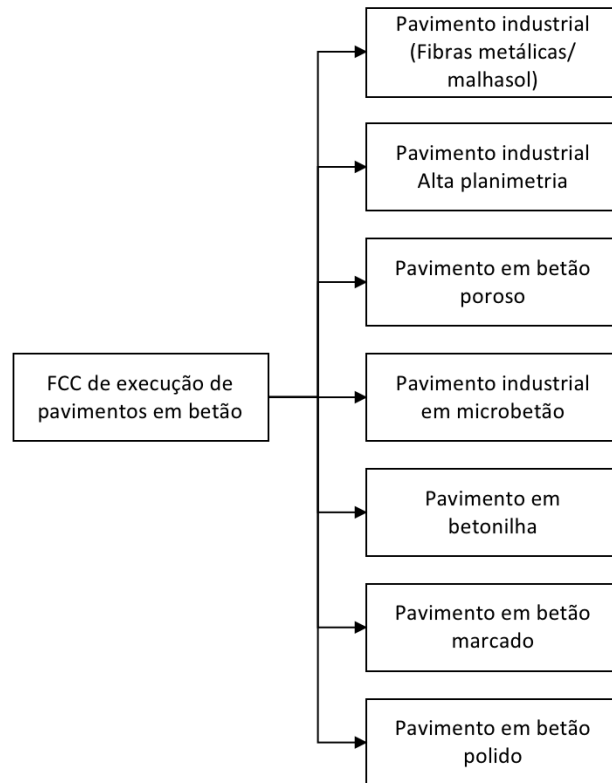


Fig. 6.5 – FCC de execução de pavimentos em betão

#### 6.2.5.FICHAS DE CONTROLO DE APLICAÇÃO DE REVESTIMENTOS

Para a elaboração das nove fichas de controlo de aplicação de revestimentos, o autor desenvolveu um trabalho aturado, dada a variada quantidade de materiais usados no desempenho desta tarefa. As FCC podem se consultadas no anexo.

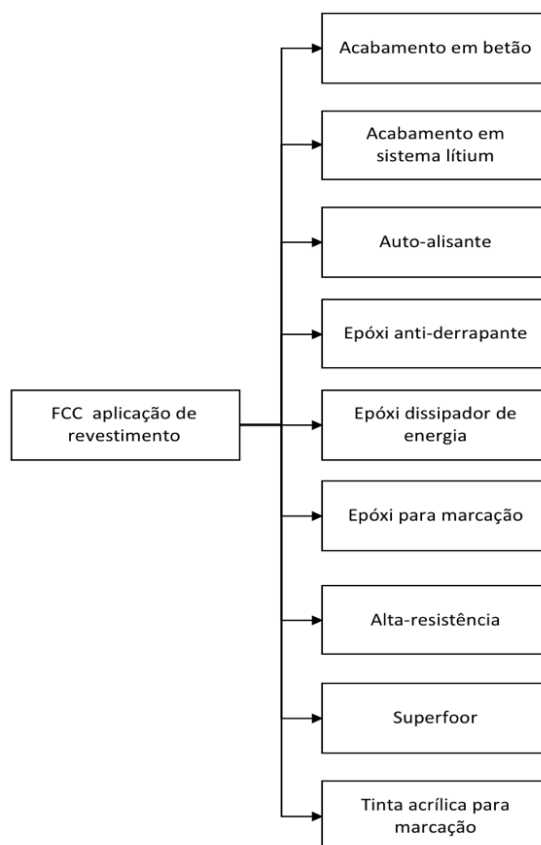


Fig. 6.6 – FCC de aplicação de revestimentos

#### 6.2.6. FICHAS DE CONTROLO DE REPARAÇÃO DE PAVIMENTOS

O controlo da execução de reparações em pavimentos com o objeto de criar oito fichas de controlo. Ao longo do trabalho desenvolvido no âmbito da presente dissertação, o autor deparou-se com inúmeras obras de reparação/reabilitação de pavimentos, área que será útil aprofundar em ocasião posterior, já que a exiguidade do período destinado a este trabalho não o permitiu. As FCC podem ser consultadas no anexo.

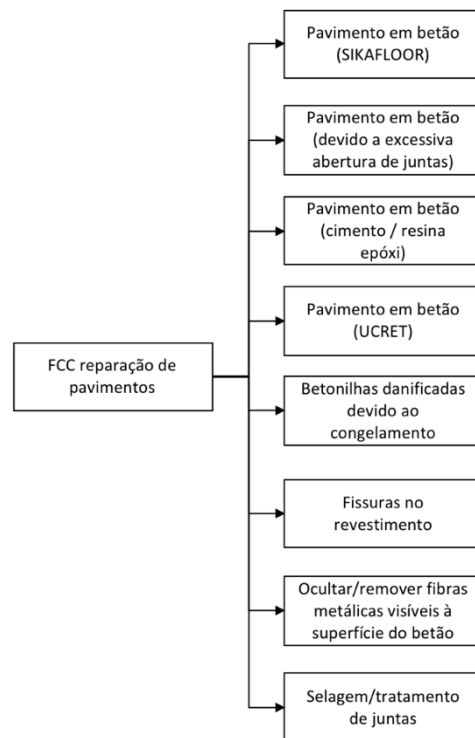


Fig. 6.7 – FCC de reparações de pavimentos

### 6.3. AÇÕES PREPARATÓRIAS

O correto funcionamento do controlo da qualidade exige ações preparatórias para as quais assume essencial importância a transferência para o programa da seguinte informação:

- Entidades: identificação diária da empresa que vai proceder à execução da tarefa (fig. 6.8);
- Categoria das tarefas (fig. 6.9);
- Edifícios, frente de obra e locais: informação que permite ao utilizador recolher a informação de um determinado local de obra;
- Plantas: documentos que permitem organizar a informação por localização;
- FCC: as fichas de controlo da conformidade são inseridas no software e posteriormente carregadas por ordem de serviço (fig. 6.10).

No capítulo 4 o autor faz uma apresentação sumária das potencialidades do software, algumas das quais vão ser utilizadas neste capítulo para a execução das ações preparatórias tendentes a assegurar a utilização do software em obra de forma intuitiva e sem necessidade de acrescentar informação no decorrer da aplicação. O tempo investido nesta fase de trabalho prévio é compensado pelo tempo poupado no tratamento da informação.

APP SICCO CONTRACTOR

Entidades Executantes

+ Criar Novo

Nome	Grupo	Tipo	Responsável	Contacto	Email	
Pavieste	SubEmpreiteiro	BETÃO ARMADO	António Sebastião			
Pavieste execução técnica de pavimentos SA	Empreiteiro Geral		António			

Fig. 6.8 – Entidades

APP SICCO CONTRACTOR

Categorias de Tarefas

+ Criar Novo

Nº	Lettering	Nome	
1	PV	PAVIMENTO	
2	BT	BETONAGEM	
3	RC	RECEÇÃO DO BETÃO	
4	AR	ARMADURA	
5	PL	PLANTA	
6	BA	BETÃO ARMADO	
7	BL	BETÃO LEVE	
8	B	BETÃO	
9	RB	RECEÇÃO DE BETÃO	
10	RV	REVESTIMENTO	
11	RR	REPARAÇÃO DE REVESTIMENTO	
12	RP	REPARAÇÃO DE PAVIMENTO BETÃO	
13	SL	SELAGEM	

Fig. 6.9 – Categorias de tarefas

APP SICCO CONTRACTOR

Banco de Fichas de Controlo de Conformidade

PESQUISAR POR

Nome da Ficha

CATEGORIA

DATA

2018-03-03 Até 2018-03-05

PESQUISAR Q

Carregar FCC

Descarregar FCC

05 MARÇO, 2018

FCC REPARAÇÃO DE PAVIMENTO EM BETÃO(DEVIDO AEXCESSIVA ABERTURA DE JUNTAS)

05 Março 2018

FCC REPARAÇÃO DE PAVIMENTO EM BETÃO(CIMENTO/RESINAEPÓXI)

05 Março 2018

FCC REPARAÇÃO DE PAVIMENTO EM BETÃO(UCRETE)

05 Março 2018

03 MARÇO, 2018

FCC EXECUÇÃO BETÃO POROSO

03 Março 2018

FCC EXECUÇÃO PAVIMENTO INDUSTRIAL EM MICROBETÃO

03 Março 2018

FCC RECEÇÃO DE MICROBETÃO

03 Março 2018

FCC BETÃO LEVE COM ESFEROVITE (1M3)

03 Março 2018

FCC EXECUÇÃO DE BETONINHA (1M3)

03 Março 2018

FCC FABRICO DE BETÃO LEVE

03 Março 2018

Fig. 6.10 – Vista do banco de fichas

#### **6.4. MODELO DE CONTROLO DA QUALIDADE PROPOSTO**

O modelo proposto pelo autor tem como objetivo submeter a controlo da qualidade os trabalhos da empresa, para avaliar se é ou não necessário proceder ao controlo da qualidade interno na empresa. Esse controlo é realizado através do software SICCO, não sendo passível de comparação, uma vez que não existe outro tipo de controlo.

O controlo foi executado através da aplicação de FCC. As fichas são carregadas e preenchidas automaticamente no software, juntamente com o respetivo registo fotográfico. O tratamento das não-conformidades consiste na abertura de uma não-conformidade, onde é inserida informação diversa, como, por exemplo, o contacto do destinatário/s a quem a informação do que não está em conformidade deve ser comunicada; os procedimentos a adotar para resolver a anomalia. Uma vez esta solucionada, é dada a confirmação da conformidade da tarefa ao pretendido e de modo praticamente automático a não-conformidade é fechada e averbada no registo diário de obra. Caso a não-conformidade exija custos adicionais, estes têm de ser analisados a partir do software. A análise dos dados é apresentada no ponto 6.5.3 deste capítulo.

O controlo da qualidade visa garantir que a empreitada é executada em conformidade com o estabelecido no caderno de encargos. São aplicados mecanismos de controlo, gestão e garantia de qualidade, indicados procedimentos, planos de inspeção e realizados ensaios com o objetivo de confirmar a qualidade dos materiais aplicados em obra.

##### **6.4.1. ROTINAS DE INSPEÇÃO**

A rotina de inspeção visa criar um circuito em obra no âmbito do qual o fiscal do empreiteiro possui pontos de inspeção definidos para aplicar o controlo da qualidade, podendo por incentivo próprio abrir novos pontos de controlo. Dada a imprevisibilidade do setor da construção civil, no qual se registam constantes mudanças do projeto, é praticamente impossível definir rotinas de inspeção para mais de uma semana. O software permite criar estes circuitos de forma automática aquando da inserção de uma FCC.

##### **6.4.2. Controlo da conformidade através do preenchimento das FCC**

O controlo é realizado através da aplicação de FCC, devidamente organizadas por zona e elemento a controlar. Todas as fichas são compostas por um arquivo fotográfico. Para facilitar a perceção, a figura 6.11 apresenta o preenchimento tipo de uma FCC.

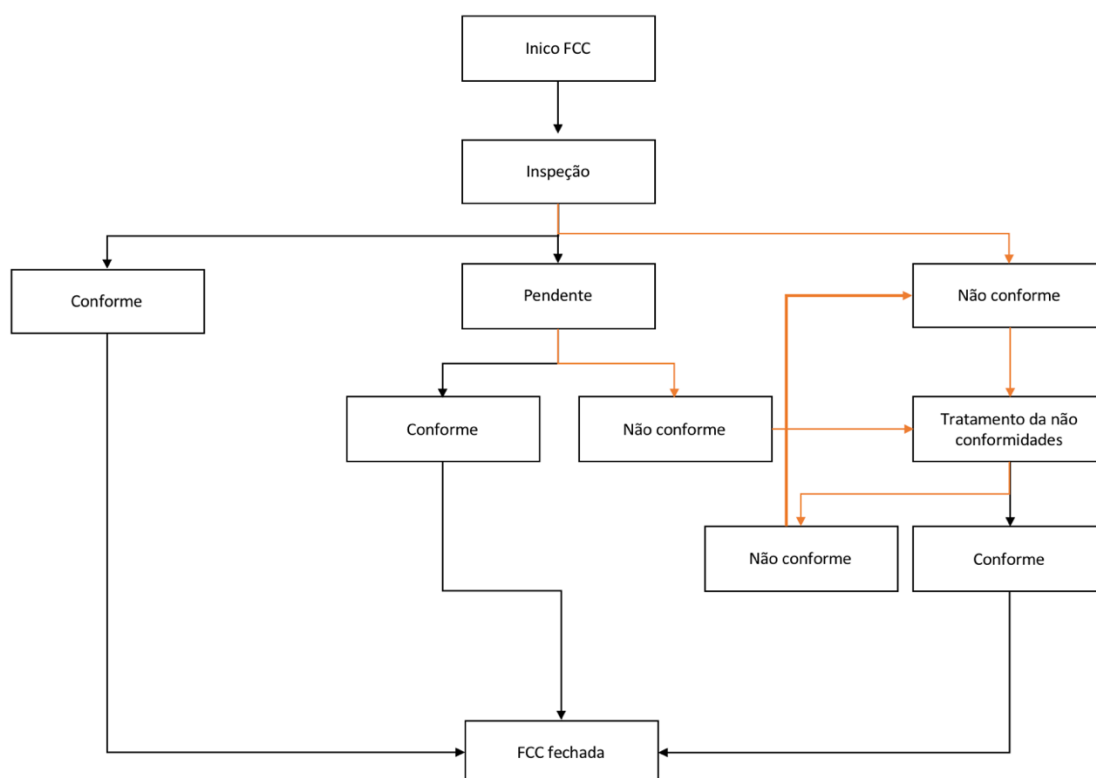


Fig. 6.11 – Processo de controlo da qualidade

As FCC são consideradas fechadas quando todos os pontos de controlo estão conformes. Tal como se pode ver na figura 6.11, o circuito da não-conformidade só se encontra fechado aquando da sua verificação de conformidade. Este tratamento é executado no ponto 6.5.3 deste capítulo, dedicado à análise das não-conformidades.

No preenchimento das FCC está incluído o registo fotográfico (Fig. 6.12), realizado em tempo real aquando da inspeção. O carregamento é realizado de forma automática para a aplicação informática, permanecendo as fotografias anexadas às tarefas.

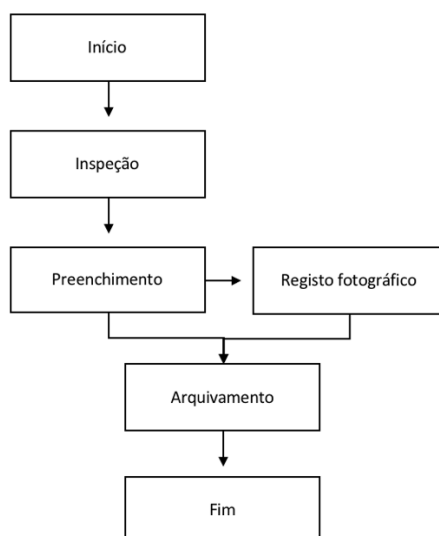


Fig. 6.12 – Registo fotográfico da tarefa

## 6.5. REGISTO E TRATAMENTO DAS NÃO-CONFORMIDADES

No decorrer da aplicação das FCC, foram detetadas várias não-conformidades, que se encontram registadas no menu “Não-conformidades” do software, tema já abordado no capítulo 4. Este registo ocorre de forma automática e em tempo real, com o respetivo registo fotográfico. Torna-se assim possível aos intervenientes acompanharem o desenvolvimento da não-conformidade durante a visita à obra, até ao momento em que esta se encontre fechada.

### 6.5.1. NÃO-CONFORMIDADES

No decurso do trabalho desenvolvido no contexto da presente dissertação, foram fiscalizadas 10 empreitadas da empresa, no âmbito das quais foram abertas 69 FCC e detetadas 7 não-conformidades, algumas mais do que uma vez, como se pode ver no quadro 6.1. No capítulo 5, é abordado este tema com a representação gráfica do local dos casos de estudo e um breve esclarecimento sobre a dimensão da empreitada.

Quadro 6.1 – Número de vezes que a não-conformidade foi detetada.

Não-conformidades	Número de vezes que foi detetada
1. Razão água/cimento alterada	12
2. Não isolamento da zona de trabalho	6
3. Ferros e caixas por eliminar	3
4. Armadura incorretamente colocada na zona dos pilares	2
5. Imperfeita limpeza do suporte	1
6. Não execução da tarefa de “escalhear” a zona do elemento vertical	1
7. Erro na dosagem no fabrico do barramento	1
<b>Total</b>	<b>26</b>

Através dos dados do quadro 6.1 pode-se concluir que num universo de 69 FCC foi detetado um total de 7 não-conformidades diferentes, repetidas um total de 26 vezes. Pode afirmar-se que em 37,68% das FCC, foram detetadas não-conformidades médias e críticas. Neste caso, foi utilizado o software SICCO para proceder ao tratamento da informação.

% Conformidades/Não-conformidades

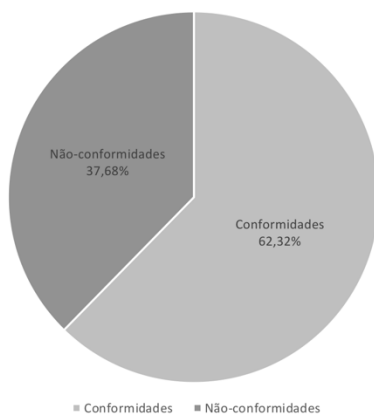


Fig. 6.13 – Percentagem de Conformidades/Não-conformidades

### 6.5.2. CLASSIFICAÇÃO DAS NÃO-CONFORMIDADES

No quadro 6.2 classificam-se as não-conformidades detetadas numa escala de conformidade menor, maior ou crítica, em função das características da não-conformidade. Esta classificação é baseada na experiência que o autor adquiriu ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Quadro 6.2. – Classificação das não-conformidades

Não-conformidade	Descrição
<b>Não-conformidade menor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolvida no momento</li> <li>- Pouco ou nenhum trabalho a mais</li> </ul>
<b>Não-conformidade maior</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pode provocar um pequeno atraso na obra</li> <li>- Algum trabalho a mais</li> <li>- Pode trazer problemas, que não colocam em causa a estrutura</li> <li>- Pode ser irreversível, sem por em causa a estrutura</li> </ul>
<b>Não-conformidade crítica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Provoca atraso na obra</li> <li>- Trabalhos a mais</li> <li>- Situação irreversível</li> <li>- Graves problemas no momento ou no futuro.</li> </ul>

### 6.5.3. ANÁLISE DE NÃO-CONFORMIDADES

#### 6.5.3.1. Razão água/cimento alterada

O objetivo do operário ao aumentar a relação A/C é aumentar a trabalhabilidade do betão para facilitar o respetivo espalhamento. Contudo, como se pode ver na figura 6.14, diminui a resistência à compressão, o que conduzirá ao aparecimento de fissuras no betão que podem provocar defeitos na estrutura ao ponto de colocar em risco a capacidade de resistência desta e, em casos extremos, provocar o colapso da estrutura em betão. Como foi já referido no capítulo 3, este aspeto é regulado pela NP EN 1845-1. Método de ensaio de fibras no betão.

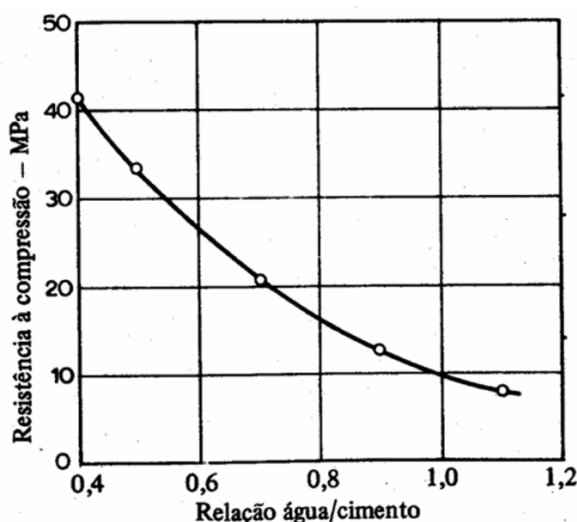


Fig. 6.14 – Resistência à compressão vs água/cimento [30]



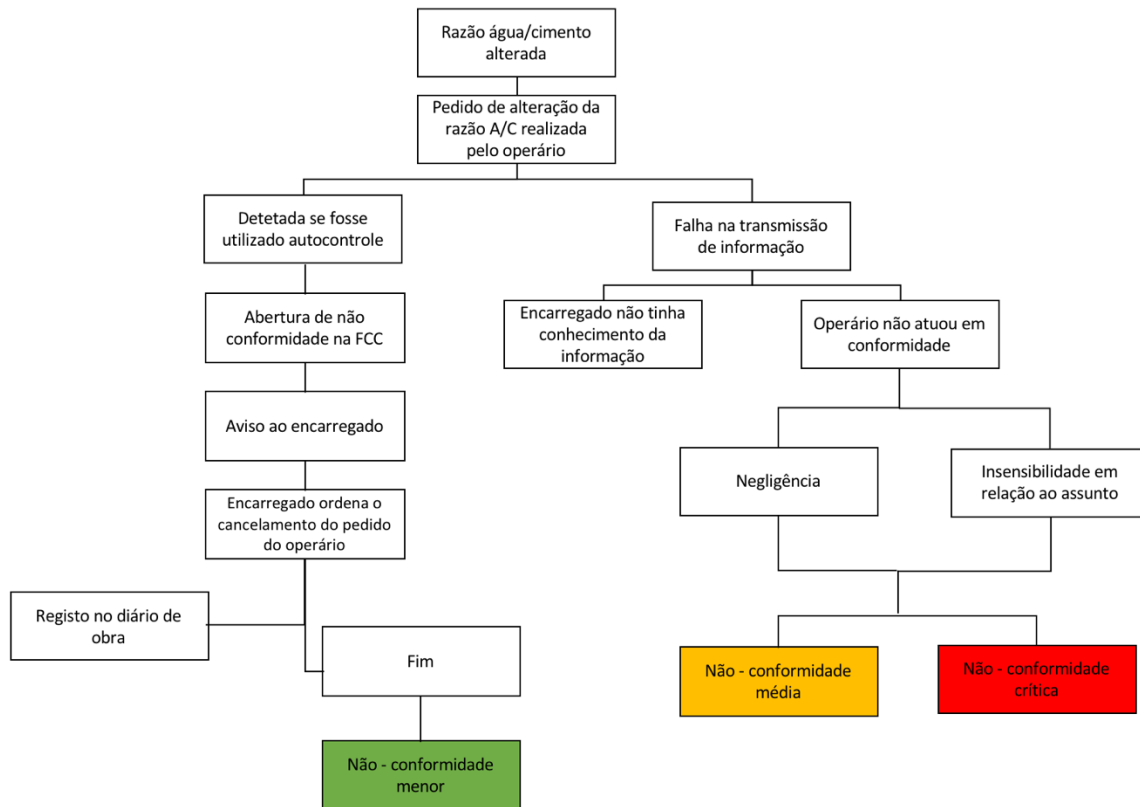


Fig. 6.15 – SICCO vs ausência de controlo

Como se pode ver na figura 6.15, com recurso ao SICCO enquanto ferramenta de apoio ao controlo da qualidade, uma não-conformidade média ou crítica (dependendo do grau de alteração da razão A/C) poderia afinal não passar de uma não-conformidade menor, porque logo detetada e eliminada aquando do pedido de alteração feito pelo operário ao condutor do camião de betão. Sendo esta não-conformidade uma prática comum na construção de pavimentos industriais, como o autor constatou no decurso deste trabalho, impõe-se uma atuação preventiva, que poderá tomar a forma de sessões de esclarecimento alargadas a todos os operários da empresa.

A própria empresa de betão recomenda o integral respeito pela relação A/C (Fig. 6.16), colocando a responsabilidade do lado do cliente sempre que a alteração ocorra no local da obra.

Código AT (Modo Webservice) NR:

Elemento a betonar: Pavimento

Modo de Descarga: Bomba ☐ Directa ☒ Grua ☐ Outras ☐

Fornecimento realizado de acordo com as nossas condições gerais de venda. Produto conforme com as especificações do cliente e, sempre que aplicável com a NP EN 206-1. O produto deverá ser aplicado imediatamente após ser descarregado e sem modificar a sua composição. A adição de água no local da Obra só poderá ser feita, se solicitada, sob inteira responsabilidade do Cliente ou de um seu representante.

SOLICITO A ADIÇÃO DE  LITROS DE ÁGUA

O CLIENTE

**Segurança no Manuseamento do Betão Fresco**

Devem tomar-se precauções para evitar que o betão fresco entre em contacto com os olhos, boca e nariz. Se o betão fresco entrar em contacto com um destes órgãos, eles devem ser lavados imediatamente com água limpa e deve procurar-se imediatamente tratamento médico. Deve evitar-se o contacto da pele com o betão fresco, recorrendo a vestuário de protecção adequado; se o betão fresco entrar em contacto com a pele, esta deve ser imediatamente lavada com água limpa.

O expedidor                      O motorista                      O cliente

Fig. 6.16 – Guia de remessa

### 6.5.3.2. Isolamento incorreto da zona de trabalho

A omissão ou o incorreto isolamento da zona de trabalho pode provocar danos na zona envolvente, que assumem particular gravidade no caso de trabalhos com máquinas pesadas. Um desses danos prende-se com a elevada produção de pó e de detritos. Os casos de estudo revelaram em duas ocasiões o rigor dos procedimentos adotados pelas empresas de confeção alimentar para evitar este problema.

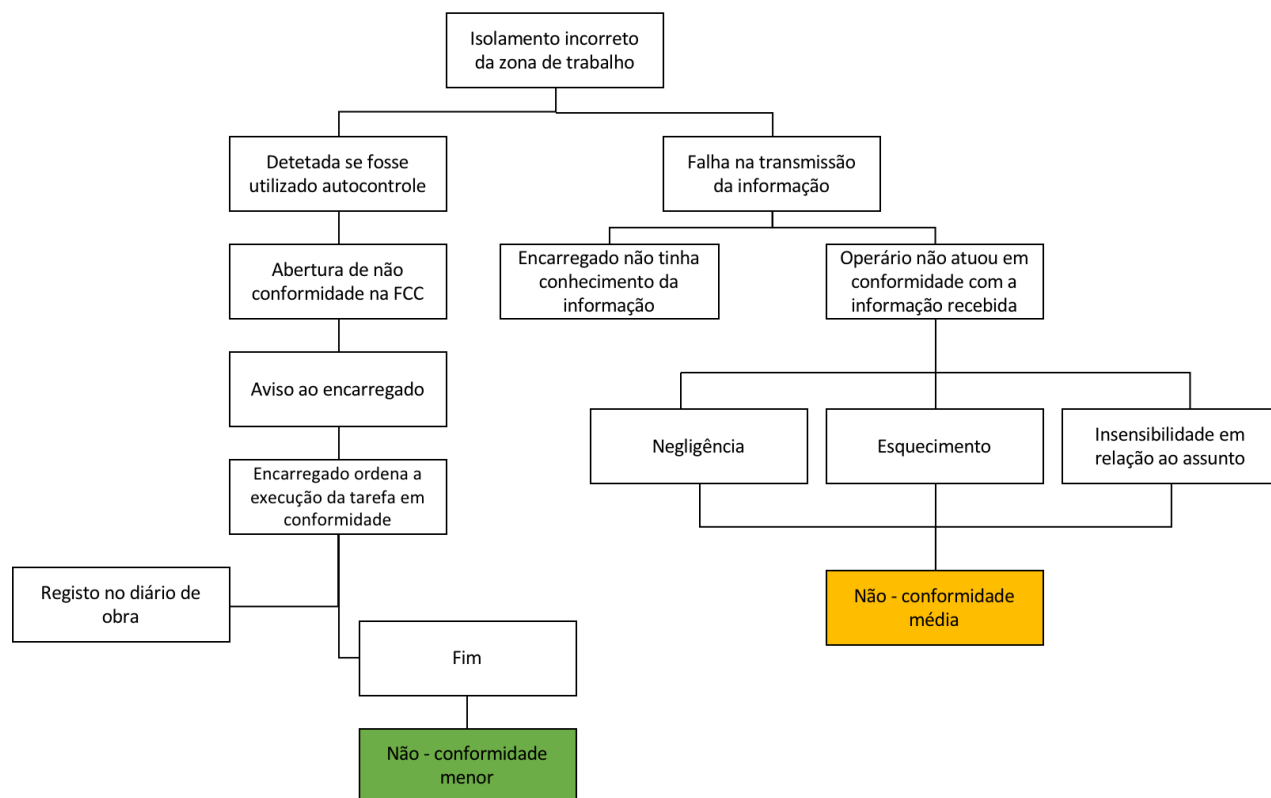


Fig. 6.17 – SICCO vs ausência de controlo

A implementação do software permite detetar precocemente a não-conformidade, antes mesmo do início dos trabalhos, e assim prevenir em tempo útil a ocorrência de novas não-conformidades. Como mostra a figura 6.17, o fiscal abre a não-conformidade na FCC e envia o alerta ao encarregado, que posteriormente ordena a execução da tarefa em conformidade. Uma não-conformidade deste tipo pode ser resolvida em breves minutos, não implicando em rigor um atraso na obra. Inversamente, furtando-se ao controlo de qualquer tipo, uma não-conformidade passível de ser resolvida em poucos minutos poderá tornar-se irreversível.



Fig. 6.18 – Não-conformidade



Fig. 6.19 – Resolução da não-conformidade

### 6.5.3.3. Ferros e caixas por eliminar

A eliminação de ferros e caixas de pavimento é importante do ponto de vista visual, como mostram as figuras 6.21. Esta tarefa ocorre nos casos de reparação de pavimento degradados, mas torna-se mais grave quando o acabamento final é em sistema lítium.

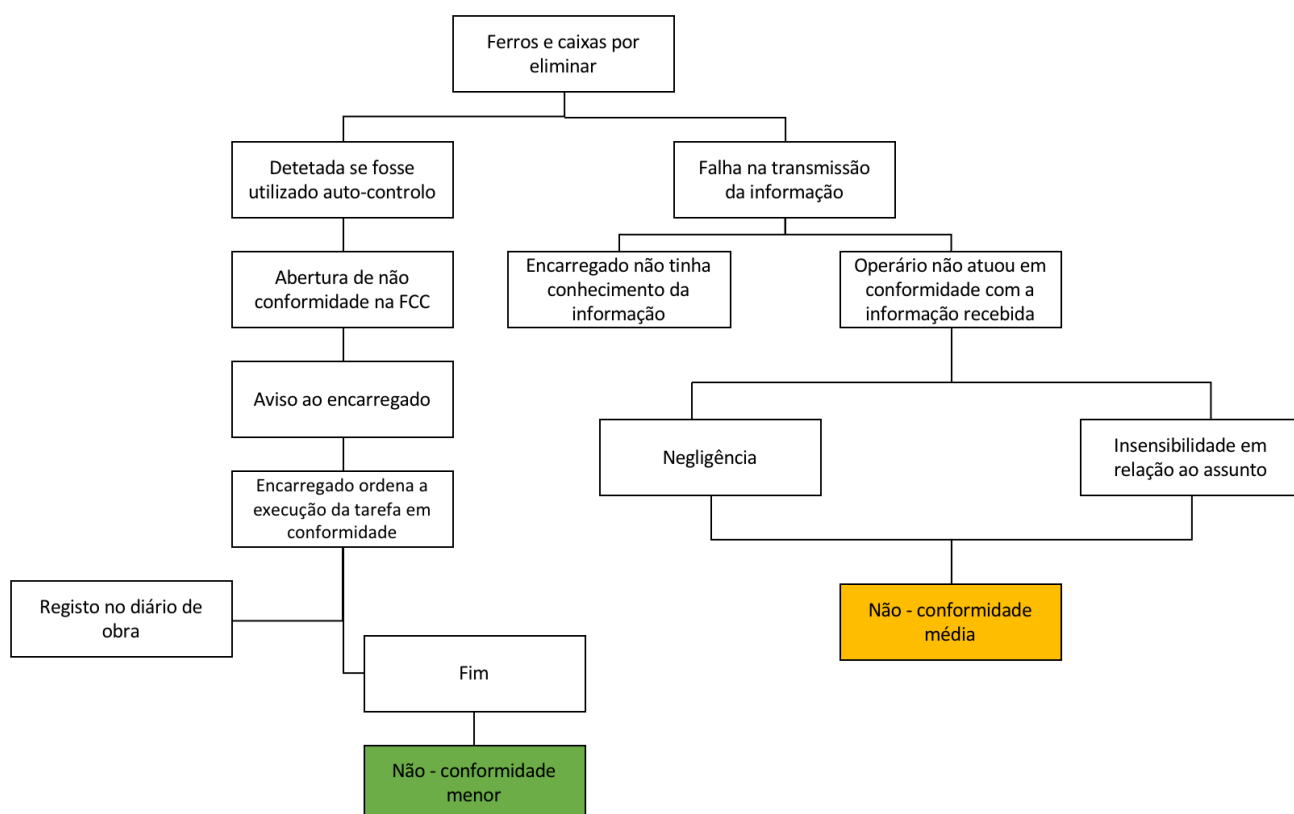


Fig. 6.20 – Sicco vs ausência de controlo

A não aplicação do controlo da qualidade através do software origina uma não-conformidade média praticamente irreversível, dado que, depois da aplicação dos produtos de revestimento, é praticamente impossível voltar atrás para eliminar a caixa, não restando outra alternativa senão realizar um remendo na zona ou refazer o trabalho. Com a aplicação do software, o encarregado receberia antes da aplicação do revestimento o alerta de que a tarefa não estava a ser executada em conformidade com o pretendido e em breves minutos a tarefa seria refeita em conformidade com o pretendido, evitando-se assim a evolução para uma não-conformidade média.



Fig. 6.21 – Não-conformidade: caixa por eliminar

#### 6.5.3.4. Armadura incorretamente colocada na zona dos pilares

Encontram-se definidos em projeto as especificidades construtivas das zonas de pormenor. A zona de ligação da laje ao elemento vertical pilar é uma dessas. A omissão desta tarefa em conformidade com o definido em projeto criará uma zona sensível a fissuras.

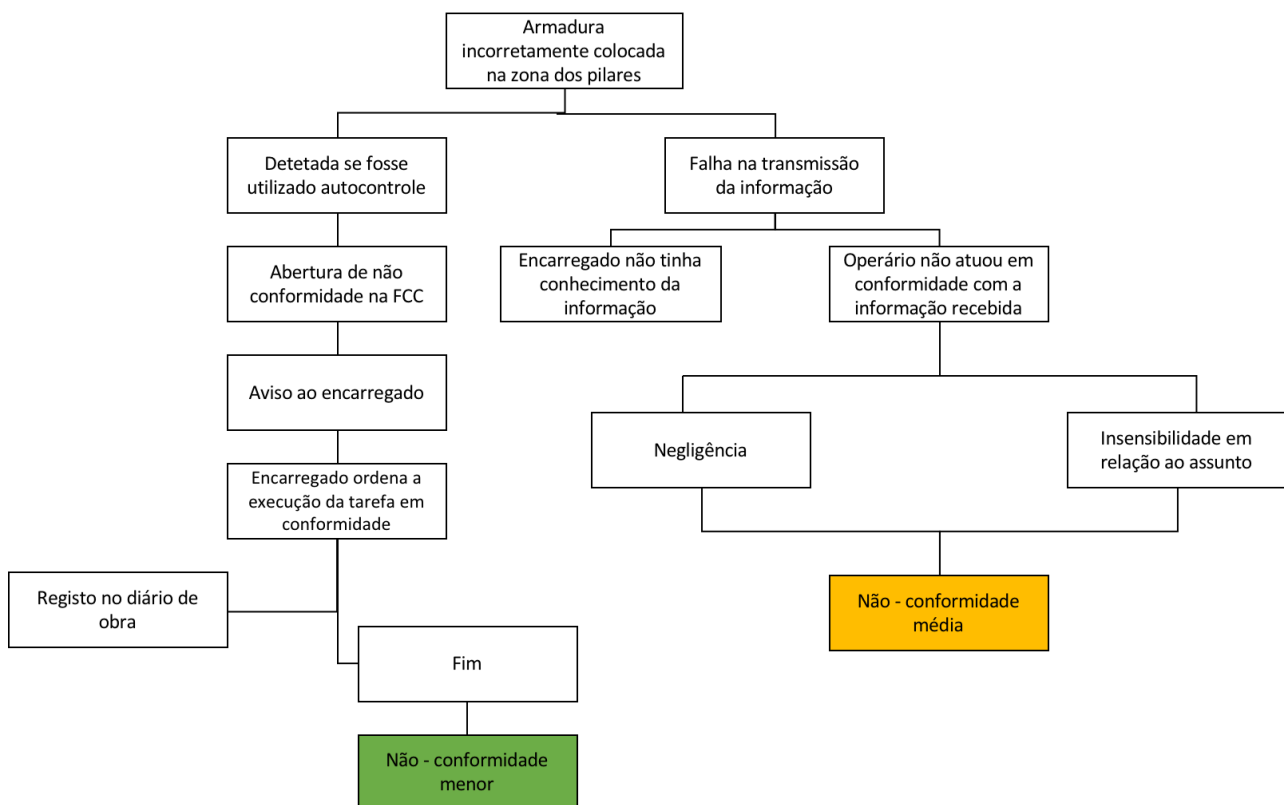


Fig. 6.22 – Siccó vs ausência de controlo

A não execução da tarefa em conformidade com o projeto origina uma não-conformidade média, dependendo do grau de sensibilidade produzido na zona, que só se consegue saber com exatidão quando



a zona for sujeita a cargas. As figuras 6.23 e 6.24 mostram, respetivamente, um posicionamento incorreto das armaduras e a correta disposição das mesmas.



Fig. 6.23 – Não-conformidade



Fig. 6.24 – Em conformidade

#### 6.5.3.5. Imperfeita limpeza do suporte

A não execução desta tarefa em conformidade gerará problemas ao nível da aderência do revestimento ao suporte.

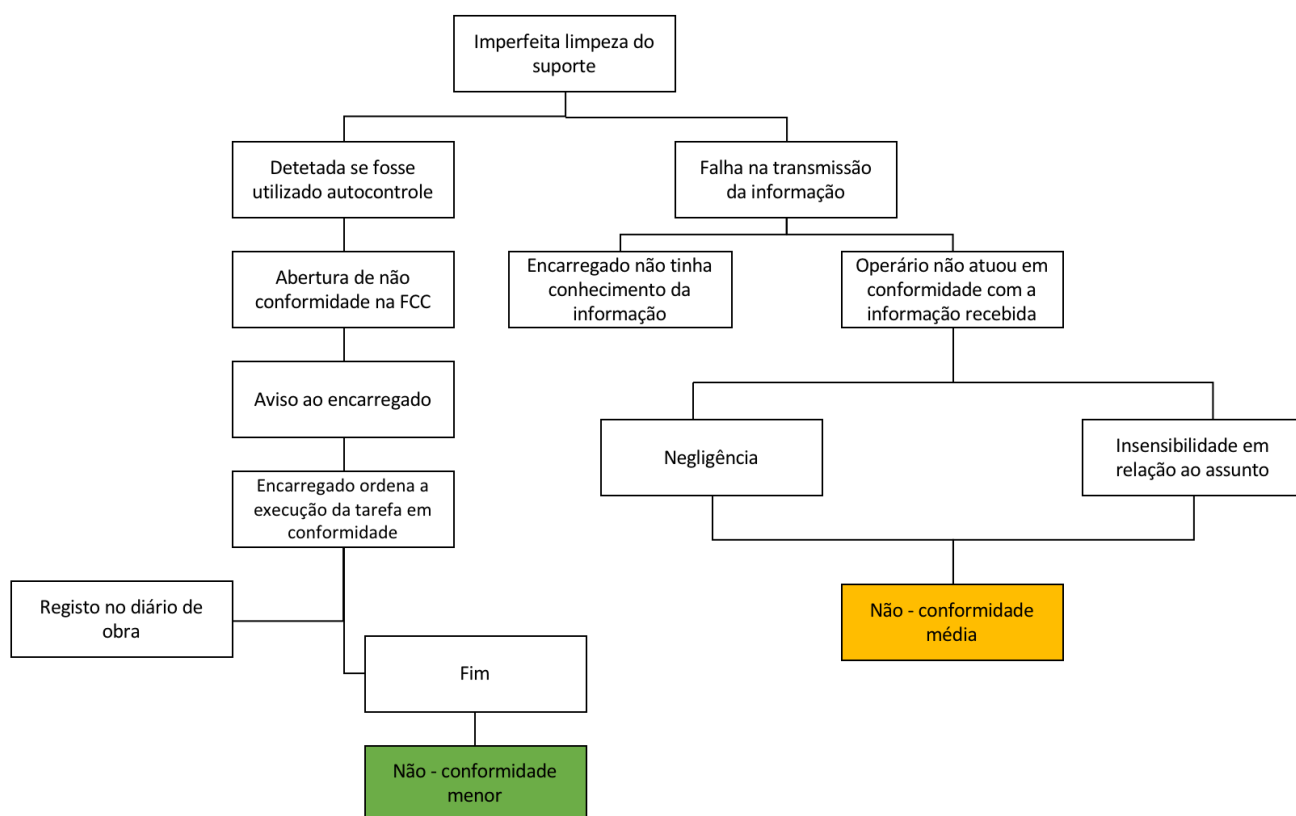


Fig. 6.25 – SICO vs ausência de controlo

A não conformidade em causa vai originar retrabalho na zona, com o passar do tempo vai ser necessário intervir na área danificada e muito provavelmente em toda a área de aplicação definida por cortes. A

aplicação do controlo da qualidade através do SICCO elimina não-conformidades deste tipo antes mesmo de estas se tornarem uma realidade.



Fig. 6.26 – Não-conformidade: Imperfeita limpeza do suporte

#### 6.5.3.6. Não execução da tarefa “escalhear” a zona do elemento vertical

Esta tarefa consiste em eliminar saliências nos elementos verticais na zona de ligação com a laje a betonar. A eliminação destas saliências tem como objetivo criar uma ligação uniforme entre os elementos vertical e horizontal. A não execução desta tarefa em conformidade originará no futuro próximo o surgimento nessas zonas de fissuras não orientadas. Como se pode ver na figura 6.29, graças à sua trabalhabilidade, o próprio betão cria uma fissura orientada ao longo da ligação dos elementos vertical e horizontal.

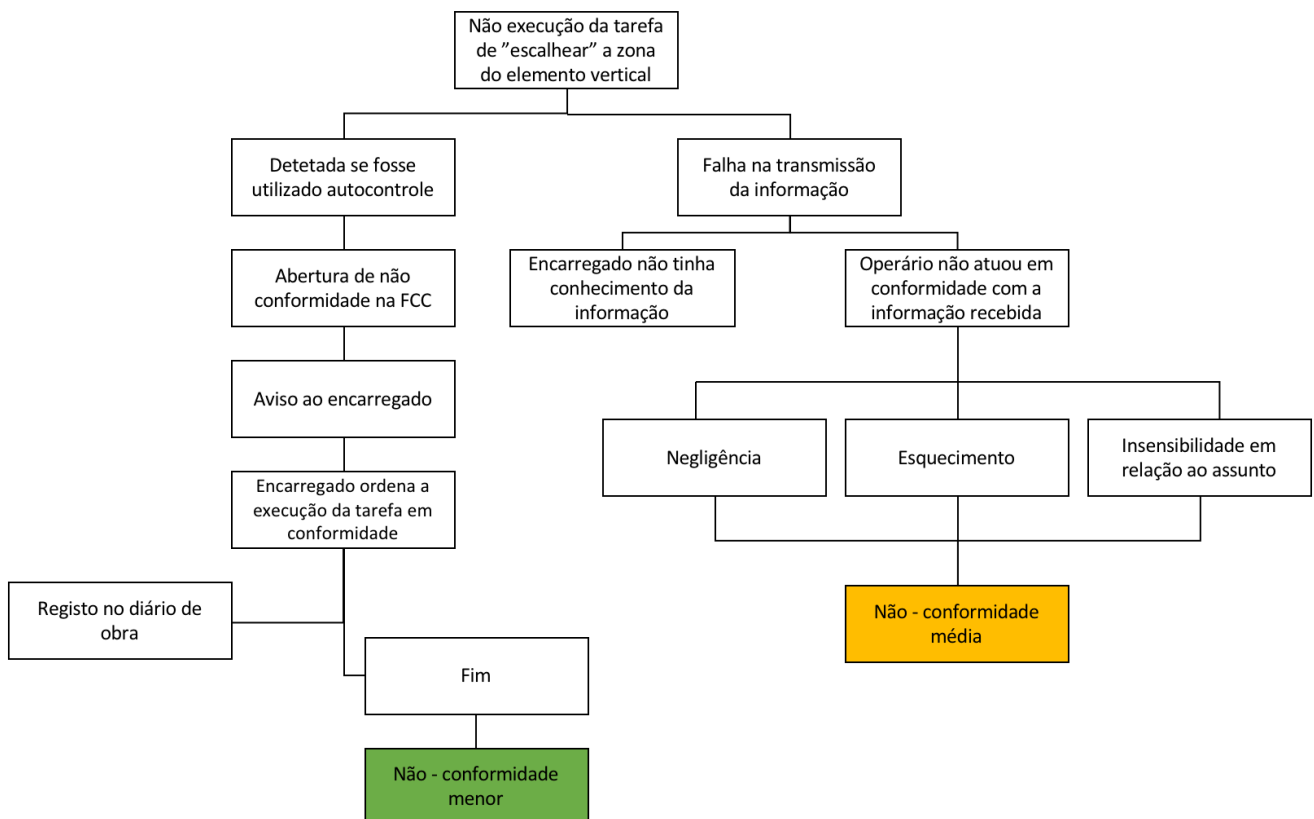


Fig. 6.27 – SICCO vs ausência de controlo

A aplicação do controlo da qualidade com recurso ao software permite detetar a não-conformidade antes da aplicação do betão, fase em que ela pode ser eliminada. Como se vê na figura 6.26, o fiscal abre a não-conformidade na FCC e envia o alerta ao encarregado, que posteriormente ordena a execução da tarefa em conformidade. Não-conformidades deste tipo podem ser resolvidas em breves minutos, não implicando em rigor um atraso na obra. Inversamente, furtando-se ao controlo de qualquer tipo, uma não-conformidade passível de ser resolvida em poucos minutos poderá tornar-se irreversível.



Fig. 6.28 – Trabalho Conforme





Fig. 6.29 – Fissura orientada na zona do elemento vertical pilar

#### 6.5.3.7. Erro na dosagem no fabrico do barramento

Esta foi a mais grave das não-conformidades detetadas, na medida em que implica um retrabalho da quase totalidade do processo e os custos muito elevados. Não-conformidades deste tipo são detetadas numa fase em que já pouco ou nada se pode fazer. O controlo da qualidade através do software SICCO tê-la-ia detetado na fase de fabrico do barramento, o que teria evitado a necessidade do retrabalho.

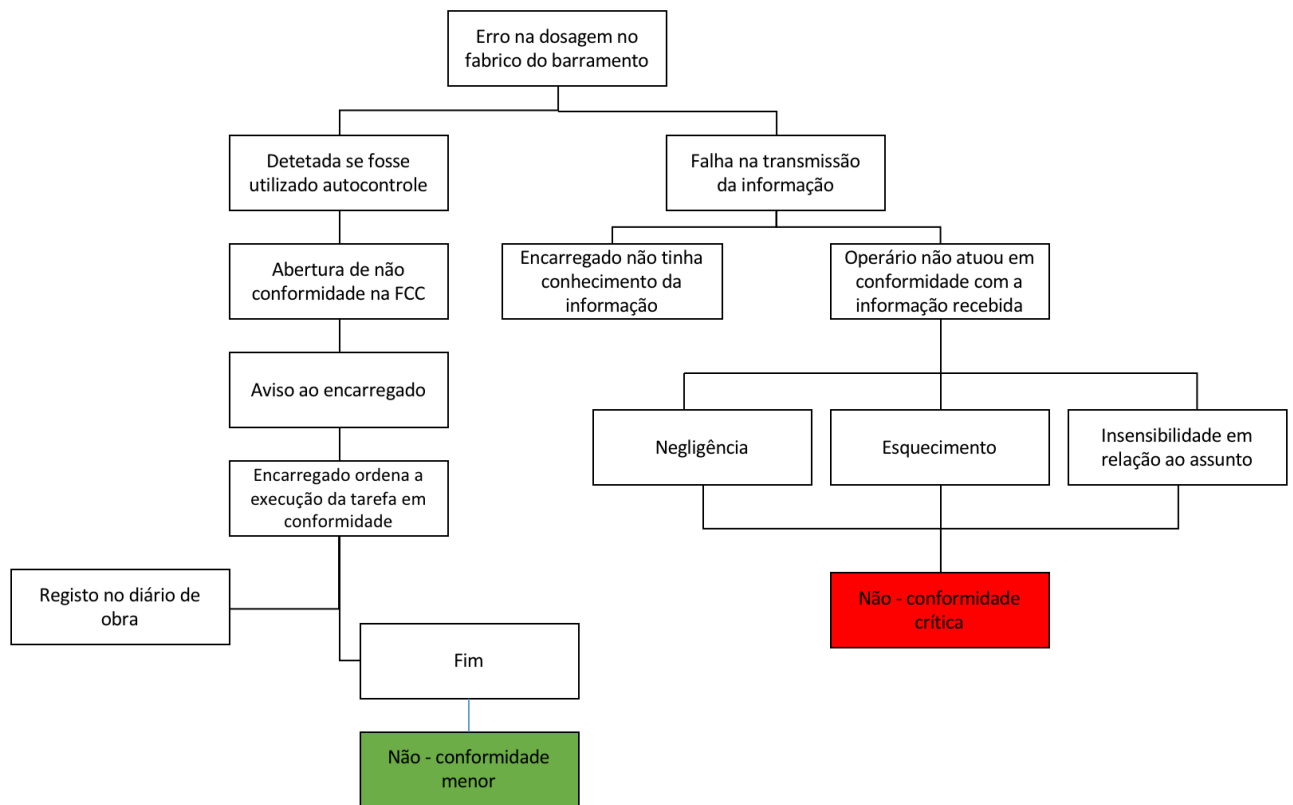


Fig. 6.30 – SICCO vs ausência de controlo



Fig.6.31. – Não-conformidade: Bolhas de ar



Fig. 6.32 – Resolução da não-conformidade

#### 6.5.4. PARECER SOBRE OS RESULTADOS E A APLICAÇÃO DO SOFTWARE

Conquanto esteja ainda em desenvolvimento e por isso apresente alguns problemas pontuais, o software SICCO encerra um grande potencial, vindo colmatar uma lacuna na indústria da construção.

No plano da conformidade, o software destaca-se sobretudo ao nível do controlo das tarefas a executar e não tanto do controlo e aprovação de materiais, não apresentando um campo dedicado à receção e aprovação de materiais.

Em matéria de armazenamento da informação, o software afirma-se claramente como uma ferramenta vantajosa, registando numa mesma base todos os dados e assim precavendo a perda e a dispersão de informação. Esta informação está acessível em tempo real a todos os intervenientes no processo mediante um simples clique.

No campo das não-conformidades, o software permite registá-las, discuti-las e propor medidas corretivas em tempo real e de forma intuitiva. Aqui residirá porventura a sua maior virtude.

O registo fotográfico no software é realizado de forma automática, ficando as fotos associadas à tarefa e ao local da realização da mesma, desde que previamente tenha sido carregada a planta do local. Esta é outra grande vantagem do software.

O registo diário de obra é uma das mais úteis funções do software, na medida em que toda a informação gerada automaticamente é transferida para o RDO.

O trabalho realizado em obra e a experiência adquirida no software sustentam a firme convicção em relação à vantagem do uso de softwares informáticos na construção. A plena fruição dessas vantagens exige naturalmente o incentivo ao uso das novas tecnologias por todos os intervenientes e a capacitação destes através de ações de formação.

As grandes vantagens do SICCO são:

- registar toda a informação e concentrá-la num só local,
- permitir e promover a troca segura de informação entre os intervenientes,

- poupar tempo no tratamento da informação e na obtenção de resultados,
- evitar erros de execução.

#### 6.5.5. TESES DESENVOLVIDAS SOBRE O TEMA

As três dissertações de mestrado sobre o software SICCO por si consultadas convergem na mesma conclusão, razão pela qual o autor entende conveniente apresentá-las aqui sumariamente.

Na sua dissertação de mestrado com o tema *Controlo da qualidade em obra: Análise de sistema informático*, baseada num estudo de caso, a engenheira Mariana Freitas Rebelo compara o controlo realizado através do software com o controlo realizado pela empresa, concluindo que o modelo do software é muito mais vantajoso do que o modelo aplicado pela empresa. A figura 6.32 mostra a classificação final atribuída pela autora ao desempenho de um e de outro em cinco áreas distintas. [41]

Processos	Modelo Software	Modelo Empresa
1. Plano de Conformidade	8	4
2. Pedidos de Informação	9	5
3. Não conformidades	8	4
4. Registo Fotográfico	9	4
5. RDO	9	3
<b>Média Final</b>	<b>9</b>	<b>4</b>

Fig. 6.33 – Avaliação geral dos modelos (escala 0-10, de 'muito desfavorável' a 'muito favorável') [41]

Também o engenheiro João Mário Cardoso Monteiro de Oliveira Marinho compara o modelo utilizado numa empresa com o modelo do software na sua dissertação de mestrado *Utilização de softwares de controlo da conformidade (Caso de estudo de obra de reabilitação complexa)*. O autor sublinha a grande capacidade do software para gerar e analisar resultados com base na informação introduzida previamente ou durante o desenvolvimento do controlo da conformidade e os benefícios daí decorrentes para a equipa de fiscalização. A figura 6.33 mostra a classificação atribuída por este autor a cada um dos dois modelos, por si avaliados em função de quatro parâmetros. [42]

Processos gerais	Média ponderada por processos gerais	
	Modelo atual	Modelo via software
Rotinas de inspeção	1.67	2.13
Reuniões de obra	1.60	0.00
Apresentação e análise de resultados	0.00	3.22
Registo e tratamento de não conformidades	2.18	3.33
<b>Média ponderada final</b>	<b>1.36</b>	<b>2.17</b>

Fig. 6.34 – Avaliação geral dos modelos (escala 1–4, de 'muito desfavorável' a 'muito favorável') [42]

Na sua dissertação de mestrado com o tema *Controlo da qualidade com recurso a meios informáticos (software SICCO)*, elaborada a partir de um caso de estudo, o engenheiro Tiago Miguel Carneiro Ribeiro estabelece a mesma comparação entre o modelo do software com o modelo da empresa para concluir que, apesar de se encontrar ainda em desenvolvimento, o software apresenta já muitas potencialidades a nível do controlo da conformidade. Na figura 6.34 pode ver-se a classificação atribuída pelo autor. [43]

PROCESSOS	MÉTODO INFORMÁTICO	MÉTODO EMPRESA
1. Fichas de Controlo Conformidade	8	4
2. Plano de Conformidade	8	4
3. Registo Fotográfico	9	4
4. Não Conformidades	8	4
MÉDIA FINAL	8	4

Fig. 6.35 – Avaliação geral dos modelos (escala 1-10, de 'baixo' a 'muito alto') [43]

## 6.6. ANÁLISE SWOT DO Sicco

Depois da aplicação prática do software, impõe-se avaliar a importância para o ambiente em que se insere. A opção recaiu no modelo de análise SWOT para expor os seus pontos fortes e as suas fraquezas, as oportunidades que proporciona e as ameaças de que poderá ser alvo. Conclui que o software tem uma grande margem de progressão e sucesso no setor da construção civil.

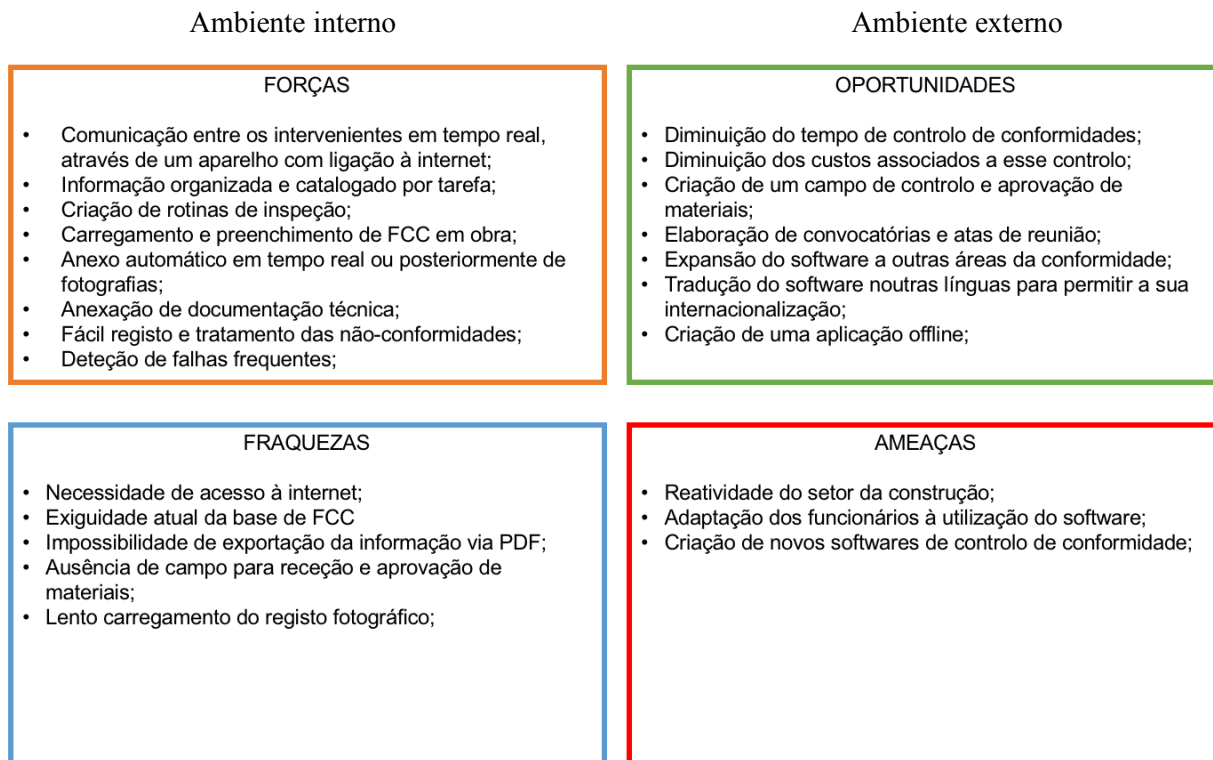


Fig. 6.36 – Análise SWOT

## 7

## CONCLUSÕES

## 7.1. CUMPRIMENTO DOS OBJETIVOS

O desenvolvimento da dissertação foi fundamentado em vários objetivos, podendo-se afirmar que o objetivo principal passava por compreender a utilidade das novas tecnologias no controlo da qualidade dos pavimentos térreos industriais. A utilidade do sistema informático aplicado evidenciou-se ao longo destes meses. A necessidade de introduzir na empresa um sistema interno de qualidade ficou demonstrada com a verificação de que, com recurso a uma aplicação informática adequada, todas as não-conformidades detetadas pelo sistema de qualidade implementado teriam sido muito facilmente eliminadas, antes mesmo de se tornarem maiores ou críticas. O software SICCO revelou uma elevada performance no tratamento e armazenamento da informação, na concentração desta em lugar seguro e, contudo, de acesso fácil a todos os intervenientes envolvidos — chave do sucesso das empresas do setor.

No contexto deste trabalho, o autor elaborou 37 fichas de controlo da conformidade (FCC) dirigidas a diferentes tarefas da empresa no exercício da sua atividade. Embora no prazo concedido para a realização da dissertação não tenha sido possível utilizar a totalidade dessas fichas, foi ainda assim possível extrair as conclusões apresentadas no capítulo 6 que resulta da aplicação de 69 FCC. A natureza confidencial dos dados da empresa não permitiu incluir no tratamento das não-conformidades a quantificação dos custos inerentes. Contudo a aplicação do sistema de controlo da qualidade interno tornou claro que, das sete não-conformidades detetadas, pelo menos metade só com encargos imediatos puderam ser resolvidas. A nível económico a empresa iria ganhar os 15% a 20% da totalidade da empreitada, que são gastos no retrabalho das não-conformidades. Como se pode ver no quadro 7.1, as não-conformidades detetadas estão associadas a erros no caderno de encargos e à qualidade da experiência profissional dos funcionários. Conclui-se que 2 das 3 não-conformidades mais frequentes têm origem na experiência profissional dos funcionários e que os fatores concorrem para explicar a alteração da razão água/cimento pois essa razão A/C é alterada pela experiência do funcionário com o objetivo de aumentar a trabalhabilidade do betão.

Quadro 7.1 – Origem das não-conformidades

Origem	Não-conformidade	Nº de vezes detetada
<b>Caderno de encargos</b>	Razão A/C alterada	12
	Armadura incorretamente colocada na zona dos pilares	2
	Imperfeita limpeza do suporte	1
	Não execução da tarefa de “escalhear” a zona do elemento vertical	1
	Erro na dosagem no fabrico do barramento	1
<b>Experiência profissional</b>	Não isolamento da zona de trabalho	6
	Ferros e caixas por eliminar	3

## **7.2. DIFICULDADES SENTIDAS**

No decurso do trabalho conducente à redação da presente dissertação, o autor deparou-se com dificuldades várias:

- relutância da empresa em ceder informação técnica, explicada porventura pela exigência de confidencialidade e a forte concorrência do sector da construção civil;
- o grande número de FCC a elaborar, tendo em conta a grande variedade e quantidade de materiais e métodos utilizados neste sector da construção;
- a falta de experiência profissional do autor que ilustrada pelas primeiras FCC: baseadas apenas em factos teóricos, quando aplicadas na realidade revelaram carecer de alterações várias, pois o que teoricamente é aceitável pode não ser de todo exequível na prática.

## **7.3. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS**

No trabalho desenvolvimento no âmbito desta dissertação, foram identificadas tarefas e questões a explorar para prosseguir a pesquisa sobre este tema, a saber:

- procurar aplicar as FCC a outras empresas do setor de construção no ramo de pavimentos térreos industriais;
- aprofundar a análise dos custos, financeiros e outros, decorrentes da constatação de não-conformidades;
- melhorar o software aplicado (SICCO), por exemplo habilitando-o a tratar de forma automática e em tempo real a informação necessária para concretizar a tarefa referida no ponto anterior;
- elaborar — e habilitar o próprio software SICCO ao preenchimento automático — fichas de inspeção de pavimentos industriais;
- enriquecer as FCC com mais informação técnica e experiência prática de outros intervenientes;
- converter o software SICCO numa aplicação para telemóvel/tablet e de acesso offline.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sungkon Moon, Payam R. Zekavat, Leonhard E. Bernold, “*Dynamic Quality Control of Process Resource to Improve Concret Supply Chain*”, Journal of construction Engineering management (Novembro 2016), 11, American Society of Civil Engineers, disponível em <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001270>
- [2] Gestão da qualidade (<http://gestao-de-qualidade.info/sistemas-de-qualidade.html>). 12/03/2018
- [3] Portal da gestão (<https://www.portal-gestao.com/artigos/6515-o-que-e-a-gestao-da-qualidade-total-tqm.html>). 14/03/2018
- [4] Blog da Qualidade (<http://www.blogdaqualidade.com.br/circulos-de-controle-de-qualidade/>). 14/03/2018
- [5] Portal da gestão – iso9001 (<http://gestao-de-qualidade.info/iso-9001.html>). 15/03/2018
- [6] Utopia (<https://www.utopia-projectos.com/servicos/fiscalizacao-de-obra/>). 15/03/2018
- [7] Rodrigues, Rui, apontamentos para a unidade curricular de fiscalização de obras - Eng<sup>a</sup> civil – 5º ano – opção construções.
- [8] American Society of Civil Engineers (<https://ascelibrary.org>). 2/04/2018
- [9] Soojin Yoon, S.M.ASCE, Makarand Hastak, M.ASCE, Jusan Lee, “*Suitability of Intelligent Compaction for Asphalt Pavement Quality Control and Quality Assurance*”, Journal of construction Engineering and Management (Novembro 2016), 10, American Society of Civil Engineers, disponível em <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001401>
- [10] Peter E. D. Love, Ph.D.,Sc.D.,Pauline Teo, Ph. D.,John Morrison, “*Revisiting Quality Failure Costs in Construction*”, Journal of Construcion Engineering and Management (Abril 2017), 11, American Society of Civil Engineers, disponível em <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/%28ASCE%29CO.1943-7862.0001427>
- [11] Comité Técnico 115 (LNEC), Eurocódigo – Bases para o projeto de estruturas NP EN 1990: 2009. IPQ, 2009.
- [12] Comité Técnico 115 (LNEC), Eurocódigo 1 – ações gerais NP EN 1991-1-1:2009 Parte 1-1: pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios. IPQ, 2009.
- [13] Comité Técnico 115 (LNEC), Eurocódigo 2 – projeto de estruturas de betão Parte 1-1– regras gerais e regras para edifícios NP EN 1992-1-1. IPQ, 2010.
- [14] Comité Técnico 104 (ATIC), Betão NP EN 206:2013 + A1. Betão – Especificação, desempenho, produção e conformidade. IPQ, 2017.
- [15] Technical Committee ISE/9 (BSi), Steel for the reinforcement of concrete weldable reinforcing steel general EN 10080:2005. CEN, 2005.
- [16] Comité Técnico 104 (ATIC), Fibras para betão Parte 1 – fibras de aço. Definições, especificações e conformidade NP EN 14889-1: 2008. IPQ, 2008. 28 Comité Técnico 104 (ATIC), Fibras para betão Parte 2 – fibras poliméricas. Definições, especificações e conformidade NP EN 14889-2: 2008. IPQ, 2008.
- [17] Comité Técnico 104 (ATIC), Fibras para betão Parte 2: fibras poliméricas. Definições, especificações e conformidade NP EN 14889-2: 2008. IPQ, 2008.
- [18] Comité Técnico 104 (ATIC), Métodos de ensaio de fibras no betão Parte 1- betões de referência NP EN 14845-1: 2008. IPQ, 2008.
- [19] Comité Técnico 104 (ATIC), Métodos de ensaio de fibras no betão Parte 2 – influência sobre a resistência NP EN 14845-2: 2008. IPQ, 2008.



- [20] Comité Técnico 104 (ATIC), Ensaio de betão projetado. Parte 5 – determinação da capacidade de absorção de energia de provetes de lajes reforçadas com fibras NP EN 14488-5: 2008. IPQ, 2008.
- [21] Comité Técnico 104 (ATIC), Execução de estruturas de betão. Parte 7 – dosagem de fibras no betão reforçado com fibras NP EN 14488-7: 2008. IPQ, 2008.
- [22] Comité Técnico 104 (ATIC), Execução de estruturas de betão NP EN 13670: 2011. IPQ, 2011.
- [23] Comité Técnico 104 (ATIC), Pavimentos de betão. Parte 1 – Materiais NP EN 13877-1: 2009. IPQ, 2009.
- [24] Comité Técnico 104 (ATIC), Pavimentos de betão. Parte 2 – Requisitos funcionais para pavimentos em betão NP EN 13877-2: 2009. IPQ, 2009.
- [25] Comité Técnico 104 (ATIC), Pavimentos de betão. Parte 3 – Especificação para varões de transferência nos pavimentos em betão NP EN 13877-3: 2009. IPQ, 2009.
- [26] Technical Committee B/525, Loading for buildings – Part 1: Code of practice for dead and imposed loads BS 6399-1:1996. British Standards Institution, 1996.
- [27] Technical Committee CEN/TC 303, Screed material and floor screeds – Definitions BS EN 13318:2000. British Standards Institution, 2000.
- [28] Technical Committee CEN/TC 303, Screed material and floor screeds — Screed material Properties and requirements BS EN 13813:2002. British Standards Institution, 2002.
- [29] Technical Committee B/507, Screeds, bases and in situ floorings BS 8204:2003. British Standards Institution, 2003.
- [30] Technical Committee CEN/TC 303, Methods of test for screed materials BS EN 13892:2002. British Standards Institution, 2002.
- [31] CSTB, Dallages – Conception, calcul et execution. NF P 11-213 DTU 13.3. Association Française de Normalisation, 2005.
- [32] Concrete Society Technical Report No34, Concrete industrial ground floors: A guide to design and construction. TR34, The Concrete Society, Crowthorne, 2003.
- [33] Pavieste – <http://www.pavieste.pt/index.php?id=6>. Data de acesso: 5/04/2018.
- [34] Carlos Duarte Arcos Santos João, “Pavimentos térreos industriais: aspetos relevantes ligados à conceção, dimensionamento e às tecnologias de execução”. Dissertação.
- [35] Ricardo Henrique Teixeira Pacheco, “Pavimentos térreos industriais: tipificação de soluções construtivas e acabamentos”. Dissertação.
- [36] Concrete Society Technical Report No34, Concrete industrial ground floors: A guide to design and construction. TR34, The Concrete Society, Crowthorne, 2003.
- [37] ANAPRE. O Sistema Pavimento Industrial. 2009. Disponível em: [http://www.anapre.org.br/artigo\\_1.pdf](http://www.anapre.org.br/artigo_1.pdf). Data de acesso: 26/03/2015.
- [38] Sika. Tecnologia e conceitos Sika para pavimentos industriais. 2008. Disponível em: [http://prt.sika.com/dms/getdocument.get/71915efd-35c9-381e-880a-3f438ffb29c1/brochura\\_sika\\_tecnologia\\_conceitos\\_pavimentos\\_revestimentos\\_WEB.pdf](http://prt.sika.com/dms/getdocument.get/71915efd-35c9-381e-880a-3f438ffb29c1/brochura_sika_tecnologia_conceitos_pavimentos_revestimentos_WEB.pdf) Data de acesso: 11/05/2018.
- [39] J. Nascimento, Exigências funcionais de revestimentos de piso. LNEC. Lisboa, 1984.
- [40] Rafael Cristelli, *Pavimentos industriais de concreto: Análise do sistema construtivo*. Monografia, Curso de Especialização em Construção Civil, Escola de Engenharia UFMG, 2010.

- [41] Rebelo, Mariana Freitas, *Controlo da qualidade em obra: Análise de sistema informático*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2018.
- [42] Marinho, João Mário Cardoso Monteiro de Oliveira, *Utilização de software de controlo de conformidade. Caso de estudo de obra de reabilitação complexa*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2017.
- [43] Ribeiro, Tiago Miguel Carneiro, *Controlo da qualidade com recurso a meios informáticos Software SICCO*. Dissertação de Mestrado, FEUP, 2017.



## **ANEXO**



Exemplo de uma ficha de controlo da conformidade concebida pelo autor

Ficha de Controlo de Conformidade

Informações Gerais

Nome FCC

FCC REPARAÇÃO DE PAVIMENTO EM BETÃO(SIKAFLOOR)

Categoria

REPARAÇÃO DE PAVIMENTO BETÃO

Editar

Pontos de Controlo

+ Ponto de Controlo

#	NOME DO PONTO DE CONTROLO	INSPEÇÃO	CRITÉRIO	NÍVEL DE CONTROLO	TIPOLOGIA
1	ISOLAMENTO DA ZONA	VISUAL	DE ACORDO COM O DEFENIDO EM PROJETO	1	<div><div></div><div></div></div>
2	ELIMINAÇÃO DE OBJETOS	VISUAL	CAIXAS, FERROS ENTRE OUTROS ELEMENTOS	1	<div><div></div><div></div></div>
3	PREPARAÇÃO MECÂNICA DA BASE	VISUAL	LIXAGEM ATRAVÉS DA MÁQUINA HTC E/OU FRESADORA DE PAVIMENTO (FRESAGEM)	1	<div><div></div><div></div></div>
4	ABERTURA DE RASGOS GRELHA	VISUAL	AO LONGO DA BORDA DA GRENHA	1	<div><div></div><div></div></div>
5	ABERTURA DE RASGOS	VISUAL	10 CM AFASTADO DA BORDA DA GRELHA ( AO LONGO DA GRELHA COMO ANTERIOR)	1	<div><div></div><div></div></div>
6	ZONA DAS FISSURAS	VISUAL	ANCORAGEM 10 CM DE CADA LADO (ABERTURA DE RASGO)	1	<div><div></div><div></div></div>
7	REPARAÇÃO / TRATAMENTO DAS FISSURAS	VISUAL	APLICAÇÃO DE UM LIGANTE EPÓXI ESTRUTURA, TIPO "ICOSIT K 101N", POR INJEÇÃO POR GRAVIDADE, COM ADIÇÃO DE CARGAS, NA PROPORÇÃO DE 1:1 (EM PESO) ATÉ MONOLITIZAÇÃO E ENCHIMENTO, DE MODO A GARANTIR A UNIÃO DOS BORDOS E O PREENCHIMENTO DA ABERTURA EFETUADA;	1	<div><div></div><div></div></div>
8	LIMPEZA	VISUAL	LIMPEZA O MAIS CUIDADA POSSÍVEL POR FORMA A ELIMINAR TODAS AS PARTÍCULAS DESAGREGADAS ,	1	<div><div></div><div></div></div>
9	APLICAÇÃO DE BARRAMENTO EM ARGAMASSA OU APLICAÇÃO REDE FIBRA DE VIDRO	VISUAL	TIPO "SIKAFLOOR 156/MASTERTOP P 617" ; NUMA ESPESSURA MÉDIA DE 2/3MM ; INCLUINDO POLVILHAMENTO COM CARGAS ; APLICADO COM ESPÁTULA ; UMA DEMÃO : FIBRA DE VIDRO - COLAGEM DE UMA CAMADA DE REDE FIBRA DE VIDRO, COMPLETAMENTE EMBEBIDA EM RESINA EPÓXI	1	<div><div></div><div></div></div>
10	PREPARAÇÃO DO PRIMARIO/ BARRAMENTO E APLICAÇÃO	VISUAL	PREPARAÇÃO DO PRIMÁRIO TIPO	1	<div><div></div><div></div></div>
11	PREPARAÇÃO DO REVESTIMENTO SIKAFLOOR 264 OU MASTERTOP BC 372	VISUAL	DE ACORDO COM O DEFINIDO PELO FABRICANTE ( +/- A + B + 2 KG DE AREIA)	1	<div><div></div><div></div></div>
12	APLICAÇÃO DO REVESTIMENTO	VISUAL	APLICADO COM ESPÁTULA E COM ROLO COM OBJETIVO DE RETIRAR AS BOLHAS DE AR ; DUAS DEMÃOS	1	<div><div></div><div></div></div>

## Exemplo da aplicação de uma ficha de controlo da conformidade

FCC - FCC PREPARAÇÃO DE BETONAGEM (SISMA)

Pré Definição

# PONTO DE CONTROLO	INSPEÇÃO	CRITÉRIO	ZONA1
#1 USO DOS EPI'S			<div>Registo</div> <div>Observações</div>
#2 "ESCALHEAR" REMOÇÃO DA SUPERFÍCIE MAIS ALTA QUE A CAIXA	VISUAL	DE ACORDO COM PROJETO DE EXECUÇÃO	<div>Registo</div> <div>não concluída na totalidade</div>
#3 VERIFICAÇÃO DA ARMADURA	VISUAL	DE ACORDO COM PROJETO DE EXECUÇÃO	<div>Registo</div> <div>Observações</div>
#4 VERIFICAÇÃO DA COLOCAÇÃO DA ARMADURA	VISUAL	DE ACORDO COM PROJETO DE EXECUÇÃO	<div>Registo</div> <div>Observações</div>
#5 FIXAÇÃO DO FIO DE PRUMO	VISUAL/NIVEL		<div>Registo</div> <div>Observações</div>
#6 EXECUÇÃO DAS JUNTAS DE TRABALHO	VISUAL	DE ACORDO COM PROJETO DE EXECUÇÃO	<div>Registo</div> <div>Observações</div>
#7 CALIBRAGEM DO LASER	VISUAL		<div>Registo</div> <div>Observações</div>
#8 COLOCAÇÃO DA TELA ISOLADORA	VISUAL	DE ACORDO COM PROJETO DE EXECUÇÃO	<div>Registo</div> <div>Observações</div>
#9 COLOCAÇÃO DA JUNTA TRABALHO	VISUAL	DE ACORDO COM PROJETO DE EXECUÇÃO	<div>Registo</div> <div>Observações</div>
#10 CALIBRAGEM DA JUNTA DE TRABALHO	VISUAL	DE ACORDO COM PROJETO DE EXECUÇÃO	<div>Registo</div> <div>Observações</div>
#11 SOLDAGEM DA JUNTA DE TRABALHO A CAIXA	VISUAL	NÃO PERMITIR A DESLOCAÇÃO DA JUNTA	<div>Registo</div> <div>Observações</div>
#12 COLOCAÇÃO DAS ARMADURAS DE REFORÇO	VISUAL	DE ACORDO COM PROJETO DE EXECUÇÃO NO ELEMENTO VERTICAL	<div>Registo</div> <div>Observações</div>
#13 COLOCAÇÃO DA FITA MUSSE	VISUAL	AO LONGO DE TODO O ELEMENTO VERTICAL	<div>Registo</div> <div>Observações</div>
#14 VERIFICAÇÃO DA "LASER SCREED"	VISUAL	PRESENTE EM OBRA	<div>Registo</div> <div>Observações</div>

Título

FCC PREPARAÇÃO DE BETONAGEM (SISM)

Localização

Pavilhão Industrial > ZONA 1

Tipo de Elemento

Elementos

Prazo

2018-03-01

Entidade Executante

Pavieste

Categoria

BETONAGEM

Tarefa

preparação de betonagem

Utilizadores

Marcar Localização

Prioridade

## Exemplo do tratamento de uma não-conformidade

Não Conformidade

Título

não concluída a tarefa de "escalhear"

Utilizadores

Normal

Prioridade

Alertas

Notificações

Imprimir

Enviar p/ Email

Anomalias / Medidas Corretivas

"ESCALHEAR" REMOÇÃO DA SUPERFÍCIE MAIS ALTA QUE A CAIXA - zona1

✓

Proceder a execução da tarefa

✓


+ adicionar medida corretiva

+ adicionar anomalia

Anexos

Anexos

Fotografias



Prazo

2018-03-01

Entidade Executante

Pavieste

Categoria

BETONAGEM

Tarefa

preparação de betonagem

Localização

Pavilhão Industrial > ZONA 1

Tipos de Elemento

Elemento

Marcar Localização

## Lista de fichas de controlo de conformidade

Designação da FCC	Localização	Aplicada
1- FCC de preparação suporte	Em CD	SIM
2- FCC de preparação betonagem	Em papel – anexo	SIM
3- FCC de fabrico betão leve com esferovite (1m³)	Em CD	NÃO
4- FCC de fabrico betonilha (1m³)	Em CD	NÃO
5- FCC de fabrico betão leve	Em CD	NÃO
6- FCC de receção betão (pavimento industrial – fibras)	Em papel – página 33	SIM
7- FCC de receção microbetão	Em CD	NÃO
8- FCC de execução de pavimento industrial (Fibras metálicas/malhasol)	Em CD	SIM
9- FCC de execução de pavimento industrial de alta planimetria	Em CD	SIM



<b>10- FCC de execução de pavimentos em betão poroso</b>	Em CD	NÃO
<b>11- FCC de execução de pavimento industrial em microbetão</b>	Em CD	NÃO
<b>12- FCC de execução de pavimentos em betonilha</b>	Em CD	NÃO
<b>13- FCC de execução de pavimentos em betão marcado</b>	Em CD	NÃO
<b>14- FCC de execução de pavimentos em betão polido</b>	Em CD	NÃO
<b>15- FCC aplicação de revestimento acabamento em betão</b>	Em CD	SIM
<b>16- FCC aplicação de revestimento acabamento em sistema lítium</b>	Em CD	SIM
<b>17- FCC aplicação de revestimento auto-alisante</b>	Em CD	SIM
<b>18- FCC aplicação de revestimento epóxi anti-derrapante</b>	Em CD	NÃO
<b>19- FCC aplicação de revestimento epóxi dissipador de energia</b>	Em CD	NÃO
<b>20- FCC aplicação de revestimento epóxi para marcação</b>	Em CD	NÃO
<b>21- FCC aplicação de revestimento alta-resistência</b>	Em CD	NÃO
<b>22- FCC aplicação de revestimento superfloor</b>	Em CD	SIM
<b>23- FCC aplicação de revestimento tinta acrílica para marcação</b>	Em CD	NÃO
<b>24- FCC reparação de pavimento em betão (SIKAFLOOR)</b>	Em papel – anexo	SIM
<b>25- FCC reparação de pavimento em betão (devido a excessiva abertura de juntas)</b>	Em CD	SIM
<b>26- FCC reparação de pavimento em betão (cimento / resina epóxi)</b>	Em CD	NÃO
<b>27- FCC reparação de pavimento em betão (UCRETE)</b>	Em papel – página 50	SIM
<b>28- FCC reparação de pavimento em betonilha danificada devido ao congelamento</b>	Em CD	NÃO
<b>29- FCC reparação de pavimento devido a fissuras no revestimento</b>	Em CD	SIM

<b>30- FCC reparação de pavimento para ocultar/remover fibras metálicas visíveis á superfície do betão</b>	Em CD	NÃO
<b>31- FCC reparação de pavimento selagem/tratamento de juntas</b>	Em CD	SIM
<b>32- FCC aplicadas</b>	Em CD	_____
<b>1- Sisma</b>		
<b>2- Panrico</b>		
<b>3- Aspock</b>		
<b>4- Comur</b>		
<b>5- Avepark</b>		
<b>6- SPT</b>		
<b>7- Papeis Vouga</b>		
<b>8- Mcoutinho</b>		
<b>9- ADA</b>		
<b>10- Barbocol</b>		